

APLICAÇÃO, VALIDAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE UM MODELO DE RISCO DE CHEIA EM EDIFÍCIOS MONUMENTAIS DO GRANDE PORTO

RODRIGO MIGUEL BARROS NEVES MOUTINHO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientadora: Professora Doutora Ana Sofia Moreira dos Santos
Guimarães Teixeira

FEVEREIRO DE 2015

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2014/2015

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2014/2015 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais e Irmã

*Nada é mais suave ou flexível que a água,
porém nada lhe pode resistir*

Lao Tzu

AGRADECIMENTOS

Ao concluir este trabalho, quero manifestar o meu profundo e sincero agradecimento a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a sua realização, nomeadamente:

À Professora Ana Sofia Guimarães pela sua orientação, críticas e sugestões fundamentais para a realização desta dissertação;

A todas as pessoas que me ajudaram no fornecimento de documentos e informações essenciais para o desenvolvimento deste trabalho;

À minha mãe que além de amor, educação e transmissão de valores, é um exemplo de força e resiliência, no qual me inspiro;

À minha irmã que é fulcral na minha vida;

Ao meu pai pela proteção e segurança que me transmite com a sua presença;

A todos os amigos e colegas que me acompanharam durante todo o percurso académico;

Aos professores, por tudo o que me ensinaram.

RESUMO

O distrito do Porto apresenta um Património edificado que, pelo seu estilo, época de construção, e técnicas construtivas utilizadas, constitui um conjunto arquitetónico de valor histórico e cultural excecional, sendo fundamental a sua proteção e conservação. Os cenários de projeção de alterações climáticas para o futuro apontam para um aumento e intensificação de fenómenos de precipitação extrema, o que levará ao aumento da frequência e da gravidade das cheias.

As áreas mais suscetíveis à ocorrência de cheias são as que se localizam nas proximidades dos cursos de água onde se encontram presentes muitos edifícios Monumentais, sendo estes frequentemente ameaçados. A exposição prolongada dos materiais à água provoca a apresentação de humidade ascensional. Quando a água se evapora, os sais cristalizam e ficam aí depositados dando origem à desagregação e deterioração dos materiais. Torna-se, assim, iminente o desenvolvimento de modelos que possam indicar o risco de cheia para as edificações, com o objetivo de serem implementados mecanismos que auxiliem na tomada de medidas preventivas para minimizar, mitigar e controlar os efeitos nefastos das cheias.

Este trabalho apresenta a aplicação, validação e otimização de um modelo de risco de cheia a uma amostra de Monumentos Portuenses classificados como “Monumentos Nacionais”. Para tal, procedeu-se à recolha de informações sobre os edifícios que compõem essa amostra ao nível das linhas de água mais próximas, como ao nível dos materiais utilizados na sua construção e histórico de cheia. Será ainda apresentado um mapa de risco para os Monumentos selecionados do distrito do Porto, com as classificações resultantes da aplicação do modelo de risco de cheia otimizado, onde se observa que uma grande parte da amostra está classificada com risco baixo. Todavia, há uma expressão significativa de Monumentos classificados com risco de cheia moderado ou médio.

PALAVRAS-CHAVE: Cheias, Análise de Risco, Património Monumental, Humidade Ascensional, Cursos de Água.

ABSTRACT

Oporto's district presents an edified Heritage, which thanks to its style, time of construction, and utilization of different techniques, constitutes an architectural ensemble of exceptional historical and cultural value, turning its protection and conversation into a fundamental duty. Climate change projections for the future indicate an increase and intensification of extreme precipitation phenomena, which will lead to an increase of frequency and severity of floods.

The most susceptible areas to floods are the ones that are near the watercourses where several Monumental buildings are located, threatening them frequently. A prolonged exposition of materials to water causes the emergence of rising damp. When water evaporates, salt crystallizes and that originates the disintegration and deterioration of materials. Therefore, it is required the development of new models that are able to indicate the risk of floods on edifications, with the goal of being implemented mechanisms that assist in the taking of preventive measures to minimize, mitigate and control the adverse effects of floods.

This thesis presents the application, validation and optimization of a flood risk model to a sample of Oporto's Monuments classified as "National Monument". For this purpose, a collection of information regarding the buildings that are part of the sample and their nearest waterlines was undertaken, as well as the level of materials utilized in their construction and floods history. It will also be presented a risk map for the selected Monuments in Oporto's district, with the resulting classifications from the application of an optimized version of the flood risk model, where it is observable that a considerable part of the sample is classified as low risk. However, there are still a significant number of Monuments classified with a moderate or medium risk level of flood.

KEYWORDS: Floods, Risk Analysis, Monumental Heritage, Rising Damp, Watercourses.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO	2
1.2. OBJETIVOS	2
1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DA TESE	2
2. O PORTO E AS CHEIAS	5
2.1. INTRODUÇÃO	5
2.2. CARACTERIZAÇÃO DO DISTRITO DO PORTO	5
2.2.1. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO	6
2.2.2. RELEVO	6
2.2.3. CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS	7
2.2.3.1. Temperatura	7
2.2.3.2. Precipitação	8
2.2.3.3. Humidade	9
2.2.4. HIDROLOGIA	9
2.3. MONUMENTOS SELECIONADOS DO DISTRITO DO PORTO	10
2.3.1. LOCALIZAÇÃO	10
2.3.2. IMPORTÂNCIA HISTÓRICA	11
2.3.3. CONSTITUIÇÃO	12
2.3.3.1. Coeficiente de absorção de água – A	13
2.3.3.2. Expansão hídrica - Δh	14
2.4. FENÓMENOS PATOLÓGICOS	15
2.4.1. HUMIDADE ASCENSIONAL	15
2.4.1.1. O gelo e os sais	17
2.4.1.2. Variação da temperatura	19
2.4.2. CHEIAS E INUNDAÇÕES	19
2.4.3. HISTÓRICO DE CHEIAS NO DISTRITO DO PORTO	21

2.5. SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	25
--------------------------------------	-----------

3. MODELOS DE ANÁLISE DE RISCO DE CHEIA DO PATRIMÓNIO NACIONAL27

3.1. INTRODUÇÃO.....	27
-----------------------------	-----------

3.2. MODELO BI-CRITÉRIO 1.....	29
---------------------------------------	-----------

3.2.1. FATORES DE RISCO.....	29
------------------------------	----

3.2.2. CLASSIFICAÇÕES DE RISCO.....	30
-------------------------------------	----

3.2.3. PONDERAÇÕES.....	30
-------------------------	----

3.2.4. GRAUS DE RISCO.....	30
----------------------------	----

3.2.5. CARTAS DE RISCO.....	31
-----------------------------	----

3.3. MODELO BI-CRITÉRIO 2.....	32
---------------------------------------	-----------

3.3.1. FATORES DE RISCO.....	33
------------------------------	----

3.3.2. CLASSIFICAÇÕES DE RISCO.....	34
-------------------------------------	----

3.3.3. PONDERAÇÕES.....	34
-------------------------	----

3.3.4. GRAUS DE RISCO.....	34
----------------------------	----

3.3.5. CARTAS DE RISCO.....	35
-----------------------------	----

3.4. MODELO MULTICRITÉRIO.....	36
---------------------------------------	-----------

3.4.1. FATORES DE RISCO.....	37
------------------------------	----

3.4.2. CLASSIFICAÇÕES DE RISCO.....	37
-------------------------------------	----

3.4.2.1. Distância horizontal à linha de água - D_{LA}	37
--	----

3.4.2.2. Distância vertical à linha de água - Δh	37
--	----

3.4.2.3. Presença de obstáculos - Ob.....	38
---	----

3.4.2.4. Existência de pisos enterrados - PE.....	39
---	----

3.4.2.5. Tipo de linha de água - LA.....	39
--	----

3.4.2.6. Localização do Monumento face ao desenvolvimento do curso de água - Q.....	40
---	----

3.4.2.7. Coeficiente de absorção de água - A.....	40
---	----

3.4.2.8. Expansão hídrica - Δh	41
--	----

3.4.3. PONDERAÇÕES.....	41
-------------------------	----

3.4.4. GRAUS DE RISCO.....	42
----------------------------	----

3.4.5. CARTAS DE RISCO.....	42
-----------------------------	----

3.5. COMPARAÇÃO DOS MODELOS APRESENTADOS PARA OS MONUMENTOS SELECIONADOS....	43
---	-----------

3.6. SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	45
--------------------------------------	-----------

4. APLICAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO MULTICRITÉRIO DE ANÁLISE DE RISCO DE CHEIA EM EDIFÍCIOS MONUMENTAIS DO GRANDE PORTO	49
4.1. INTRODUÇÃO	49
4.2. DADOS DE ENTRADA	49
4.2.1. LINHAS DE ÁGUA	49
4.2.2. MATERIAIS	53
4.3. APLICAÇÃO DO MODELO DE RISCO DE CHEIA AOS MONUMENTOS SELECIONADOS	56
4.4. VALIDAÇÃO	59
4.5. SÍNTESE DO CAPÍTULO	61
5. OTIMIZAÇÃO DO MODELO DESENVOLVIDO E CARTAS DE RISCO ASSOCIADAS	63
5.1. INTRODUÇÃO	63
5.2. REFLEXÃO SOBRE OS CRITÉRIOS, PESOS E PONDERAÇÕES ATRIBUÍDAS	64
5.2.1. DISTÂNCIA HORIZONTAL À LINHA DE ÁGUA - D_{LA}	64
5.2.2. DISTÂNCIA VERTICAL À LINHA DE ÁGUA - ΔH	65
5.2.3. PRESENÇA DE OBSTÁCULOS – OB	66
5.2.4. MATERIAIS	67
5.2.5. ESTADO DE CONSERVAÇÃO DO MONUMENTO - CM	68
5.2.6. CLASSIFICAÇÃO DOS EDIFÍCIOS QUANTO AO RISCO	72
5.3. CARTAS DE RISCO	75
5.4. CONCLUSÕES	77
5.6. SÍNTESE DO CAPÍTULO	79
6. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	83
6.1. CONCLUSÕES FINAIS	83
6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	86
BIBLIOGRAFIA	4

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.2.1 – Divisão concelhia do distrito do Porto [7]	6
Fig.2.2 – Carta de altimetria do distrito do Porto [7].....	7
Fig.2.3 – Distribuição dos valores médios anuais da temperatura do ar no distrito do Porto [7]	8
Fig.2.4 – Distribuição dos valores médios anuais da precipitação no distrito do Porto [7].....	8
Fig.2.5 – Distribuição dos valores médios anuais de humidade no distrito do Porto [7]	9
Fig.2.6 – Rede hidrográfica do distrito de Porto [7].....	10
Fig.2.7 – Localização dos Monumentos seleccionados do distrito do Porto	11
Fig.2.8 – À direita: Igreja do Carmo, em Granito do Porto; À esquerda: Casa de Chá da Boa Nova, em Betão	12
Fig.2.9 – Curva de absorção de água em função da raiz quadrada do tempo e esquema da absorção capilar [18]	13
Fig.2.10 – Correlação entre o módulo de elasticidade tangente no troço retilíneo do diagrama das tensões/extensões longitudinais (E) e a porosidade livre às 48 horas (N48) do granito do Porto [21] .	14
Fig.2.11 – Ascensão de água pelas juntas de argamassa [22]	15
Fig.2.12 – Ação da água e os seus diversos modos de atuação: 1-Chuva incidente; 2- Escorrimentos; 3- Salpicos; 4-Acumulada; 5- Ascendente; V- Ação do vento [22]	16
Fig.2.13 – À esquerda: Porosidade aberta; À direita: Porosidade fechada [14].....	17
Fig.2.14 – Fenómeno da capilaridade [14].....	18
Fig.2.15 – À direita: Eflorescências no Hospital Santo António, Porto; À esquerda: Placas e plaquetas na Igreja de São Cristóvão de Rio Mau, Vila do Conde	19
Fig.2.16 – Diário de Notícias de 3 de Janeiro de 1962 [26]	22
Fig.2.17 – Diário de Notícias de 28 de Fevereiro de 1978 [26].....	22
Fig.2.18 – Cheia na Ribeira do Porto em 1979 [27].....	23
Fig.2.19 – Diário de Notícias de 23 de Dezembro de 1989 [26]	23
Fig.2.20 – Diário de Notícias de 10 de Janeiro de 1996 [26]	24
Fig.2.21 – Diário de Notícias de 8 de Dezembro de 2000 [26]	24
Fig.2.22 – Cheia Marítima na Foz do Porto, em Janeiro de 2014 [28]	25
Fig.3.1 – Localização da zona de estudo [31].....	29
Fig.3.2 – Representação dos Monumentos identificados com grau de risco [31]	31
Fig.3.3 – Identificação dos Monumentos com grau de risco 3 e 4 [31].....	32
Fig.3.4 – Exemplo de uma folha de dados (adaptado de [32])	32
Fig.3.5 – Recolha de informações: base de dados Monumentos e cartografia (Google Maps e SNIRH) [32].....	33

Fig.3.6 – Esquema de medição dos parâmetros considerados [32].....	33
Fig.3.7 – Mapa de Risco dos Monumentos Nacionais selecionados no Norte de Portugal [32]	35
Fig.3.8 – Existência de um obstáculo entre o Monumento e a linha de água	38
Fig.3.9 – Esquema da subdivisão dos cursos de água	39
Fig.3.10 – Esquema representativo da divisão dos cursos de água em três tipos.....	40
Fig.3.11 – Carta de risco de Cheia Nacional (adaptado de [5])	43
Fig.4.1 – Resultado da medição entre a diferença de altura entre o Mosteiro de Santa Clara e o Rio Ave, através da utilização do QGIS	50
Fig.4.2 – Visualização da diferença de altura entre o Mosteiro de Santa Clara, em Vila do Conde, em relação ao rio Ave	50
Fig.4.3 – Visualização da diferença de altura entre o Mosteiro de São Bento, em Santo Tirso, em relação ao rio Ave	51
Fig.4.4 – Visualização da diferença de altura entre o Palácio do Freixo, em Campanhã, em relação ao rio Douro.....	51
Fig.4.5 – Proximidade de linha de água à Igreja de São Pedro de Ferreira, em Paços de Ferreira	52
Fig.4.6 – Proximidade do ribeiro de Gamuz ao Mosteiro de Paço de Sousa, em Penafiel.....	53
Fig.4.7 – Distância de 500 metros entre o Mosteiro e o rio Sousa medida através do QGIS	53
Fig.4.8 – Utilização simultânea de argamassas de cal (à esq.) e argamassas de cimento (à dir.), no preenchimento das juntas na Igreja da Azurara, em Vila do Conde.....	54
Fig.4.9 – Distribuição do Risco no distrito do Porto	58
Fig.4.10 – Carta de Risco de Cheia no distrito do Porto.....	58
Fig.4.11 – Marcas de Cheia no Palácio do Freixo	60
Fig.5.1 – a) Cheia ocorrida no Rio Ave, em Vila do Conde, no ano de 1962 [38]; b) Perspetiva da proximidade entre o Mosteiro de Santa Clara e a margem do Rio Ave.....	64
Fig.5.2 – Perspetivas da distância do Mosteiro de Leça do Balio ao Rio Leça, que se encontra na parte de trás do muro, junto às árvores	65
Fig.5.3 – Existência de um obstáculo entre o Monumento e a linha de água e o caso do Monumento se localizar entre dois obstáculos	66
Fig.5.4 – a) Desagregação granular e plaquetas – Igreja de São Cristóvão de Rio Mau; b) Plaquetas – Mosteiro de São Pedro do Cete; c) Colonização biológica, eflorescências e crostas negras – Mosteiro de Paço de Sousa; d) Eflorescências, crostas negras – Igreja de São Pedro de Ferreira; e) Crostas negras – Igreja dos Clérigos	69
Fig.5.5 – a) Fendas nas juntas – Igreja dos Grilos; b) Porta em mau estado, apresentando aberturas na parte inferior – Igreja de São Bento da Vitória; c) Pavimento de madeira com fendas – Igreja de São Cristóvão de Rio Mau	70
Fig.5.6 – a) Humidade ascensional – Igreja de São Pedro de Rates; b) Desagregação granular, plaquetas e falta de preenchimento das juntas – Mosteiro de São Pedro do Cete; c) Falta de	

preenchimento das juntas – Igreja Matriz de Vila do Conde; d) Vidro partido – Mosteiro de Paço de Sousa	71
Fig.5.7 – Fatores de risco definidos na otimização do modelo	72
Fig.5.8 – Exemplo de representação de um mapa de risco a maior escala	76
Fig.5.9 – Mapa do distrito do Porto	76
Fig.5.10 – Distribuição do risco no distrito do Porto	77
Fig.5.11 – Carta de risco de cheia para os 27 Monumentos selecionada, do distrito do Porto	81
Fig.6.1 – Comparação dos resultados do risco de cheia por aplicação da fórmula de cálculo de risco para o Modelo Multicritério antes e depois da otimização	85

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 – Definição dos graus de risco em termos de distância em linha reta do Monumento à linha de água mais próxima [31]	30
Quadro 3.2 – Definição dos graus de risco em termos de diferença de altura entre o Monumento e a linha de água [31]	30
Quadro 3.3 – Grau de risco do Monumento [31].....	31
Quadro 3.4 – Definição dos graus de risco em termos de distância em linha reta do Monumento à linha de água mais próxima (adaptado de [32])	34
Quadro 3.5 – Definição dos graus de risco em termos de diferença de altura entre o Monumento e a linha de água (adaptado de [32])	34
Quadro 3.6 – Grau de Risco do Monumento (adaptado de [32]).....	35
Quadro 3.7 – Classificação de risco do fator D_{LA} [5]	38
Quadro 3.8 – Classificação de risco do fator Δh [5]	38
Quadro 3.9 – Classificação de risco do fator secundário Ob [5].....	39
Quadro 3.10 – Classificação de risco do fator secundário PE [5].....	39
Quadro 3.11 – Classificação de risco do fator LA [5].....	40
Quadro 3.12 – Classificação de risco do fator secundário Q [5].....	40
Quadro 3.13 – Classificação de risco do fator A [5].....	41
Quadro 3.14 – Classificação de risco do fator secundário ΔL_H	41
Quadro 3.15 – Grau de Risco de Cheia do Monumento [5].....	42
Quadro 3.16 – Níveis de Risco dos três modelos apresentados.....	44
Quadro 3.17 – Número de Monumentos em cada Grupo de Risco para cada modelo de risco, aplicado aos 27 Monumentos selecionados do distrito do Porto	44
Quadro 3.18 – Quadro síntese do Modelo Bi-Critério 1.....	45
Quadro 3.19 – Quadro síntese do Modelo Bi-Critério 2.....	46
Quadro 3.20 – Quadro síntese do Modelo Multicritério	46
Quadro 4.1 – Valores do coeficiente de absorção de água, A , para as argamassas.....	55
Quadro 4.2 – Classificação do risco de cheia antes e depois da contabilização do agravamento provocado pelo preenchimento das juntas com argamassa, para alguns Monumentos	55
Quadro 4.3 – Resultado da aplicação do Modelo de Risco de Cheia aos Monumentos Selecionados	56
Quadro 5.1 – Classificação de risco do fator D_{LA}	65
Quadro 5.2 – Classificação de risco do fator Δh	66
Quadro 5.3 – Classificação de risco do fator secundário Ob	67
Quadro 5.4 – Influência da redução da classificação de risco máxima do fator A	67

Quadro 5.5 – Classificação de risco do fator A.....	68
Quadro 5.6 – Classificação de risco do fator Cm.....	71
Quadro 5.7 – Grau de Risco de Cheia do Monumento.....	73
Quadro 5.8 – Exemplo de alguns Monumentos utilizados para a validação das categorias de risco...	74
Quadro 5.9 – Quadro síntese do Modelo Multicritério otimizado	79

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

A ação química e mecânica da água é um dos principais agentes de degradação dos materiais do Património edificado. A humidade em excesso provoca o aparecimento de manchas e pode resultar em deteriorações, se o material estiver submetido a ciclos de molhagem/secagem ou gelo/degelo. O seu efeito destrutivo é intensificado quando dissolve e transporta poluentes atmosféricos, sais solúveis e higroscópicos. A água resultante da precipitação pode ainda ter uma ação de erosão, principalmente se acompanhada de ventos. A constituição da água como um fator de risco, faz com que seja fundamental o estudo das formas como a água afeta os edifícios, principalmente elementos do Património Monumental, no sentido de diagnosticar corretamente a sua origem para se tomarem medidas preventivas e/ou corretivas adequadas.

As águas freáticas que provêm do solo e as águas superficiais que normalmente resultam da precipitação, são as formas mais comuns do acesso da água aos edifícios. Em situações extremas podem ocorrer cheias fluviais provocadas por precipitações moderadas e permanentes ou por precipitações repentinas e de elevada intensidade. O excesso de precipitação gera um aumento do caudal dos cursos de água, originando transbordo do leito normal e a inundação das margens e zonas periféricas. Por este motivo, a proximidade aos cursos de água é determinante na probabilidade de um edifício ser atingido pela água.

Os bens móveis pertencentes a particulares só podem ser classificados como de interesse nacional quando a sua degradação ou o seu extravio constituam perda irreparável para o Património cultural. O facto da existência de edifícios patrimoniais localizados nas proximidades a linhas de água torna-os mais expostos e vulneráveis ao fenómeno de cheia. A degradação nestes edifícios constitui uma perda irreparável no Património cultural e histórico.

Os eventos meteorológicos e climáticos extremos são responsáveis por grande parte dos danos causados por desastres naturais. É assim adequado estudar a forma que as alterações climáticas influenciam a ocorrência de eventos extremos, como as cheias.

Em Portugal, existe um abrangente quadro legislativo sobre a avaliação dos riscos de cheia, onde figuram:

O Decreto-Lei n.º 115/2010 de 22 de Outubro [1] refere que para cada região hidrográfica será avaliado o risco de inundação e as respetivas medidas para a sua mitigação.

O Decreto-Lei n.º 364/98 de 21 de Novembro [2] veio obrigar os municípios a elaborar cartas de zonas inundáveis devendo, para tal, ter registos de cheias que atingiram os aglomerados urbanos, no mínimo,

desde o ano de 1967, para posteriormente delimitarem perímetros de inundação e definirem restrições à edificação.

O Decreto-Lei n.º 54/2005 de 24 de Novembro [3] faz também referência a áreas ameaçadas por cheias, assim como às suas zonas adjacentes.

Por ter entrado em vigor há relativamente pouco tempo, esta legislação ainda não se encontra totalmente implementada. No caso do Património Nacional, as medidas de prevenção e proteção são escassas devido, fundamentalmente, à falta de informação e disponibilização de meios para que se faça investigação nesta área.

Contudo, tem-se verificado uma crescente consciencialização para esta temática, havendo alguns modelos de risco de cheia elaborados que visam avaliar os efeitos do fenómeno de cheia no Património edificado, possibilitando a criação de cartografia de risco de cheia que funciona como um instrumento de auxílio na sensibilização e informação das entidades responsáveis pela sua gestão. Deste modo, poderão ser tomadas medidas no sentido de preservar o Património.

O presente trabalho tem como principal intuito fazer uma análise de um modelo de risco de cheia, com vista a perceber de que forma a sua aplicação se adequa a uma amostra de Monumentos Nacionais do distrito do Porto.

1.2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal a aplicação, validação e otimização de um modelo de risco de cheia em Edifícios Monumentais do Grande Porto. Para tal, pretende-se:

- A elaboração de um documento síntese sobre a localização dos edifícios Monumentais Portuenses selecionados;
- A recolha de informação detalhada sobre os materiais constituintes dos Monumentos, proximidade às linhas de água e sinais de degradação e de patologias que resultam da exposição à água;
- A avaliação o risco de ocorrência de fenómenos patológicos associados à humidade ascensional ou a inundações ou a cheias desses edifícios, através da aplicação do modelo;
- A recolha de informação específica sobre o histórico de cheias/inundações ocorridas nesses edifícios;
- A validação do modelo desenvolvido;
- A otimização dos critérios, dos pesos e das ponderações atribuídas;
- A elaboração de um mapeamento de risco com a classificação aqui desenvolvida, que permita a identificação da amostra de Monumentos do distrito do Porto, possibilitando a tomada de medidas de prevenção e preservação do Património.

1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DA TESE

A dissertação de mestrado divide-se em seis Capítulos, sendo que o primeiro apresenta o enquadramento do tema escolhido, a descrição dos objetivos que serviram de base ao alinhamento da tese e a estruturação da mesma.

No Capítulo 2, apresenta-se uma análise do distrito do Porto relativamente a parâmetros que influenciam a ocorrência cheias, tais como a geomorfologia e condições meteorológicas. É também efetuada a seleção dos Monumentos Nacionais a analisar bem como a exposição das várias formas de

degradação provocadas pela água e o histórico de cheias mais relevantes no distrito. Faz-se ainda uma breve abordagem dos principais conceitos relacionados com o risco e fenómeno de cheia.

No Capítulo 3 são apresentados três modelos de avaliação do risco de cheia, mencionando os critérios e ponderações atribuídas. Com a base de dados do modelo em análise, procede-se a uma análise comparativa dos resultados obtidos, pelos diferentes modelos, para a amostra de Monumentos previamente selecionada.

No Capítulo 4 foca-se a abordagem apenas no modelo em análise, voltando a aplica-lo para os Monumentos selecionados, mas agora considerando dados com maior detalhe ao nível dos materiais e linhas de água, recolhidas na visita dos edifícios e no estudo de bibliografia. Procede-se, ainda, à validação do modelo.

No Capítulo 5 faz-se a otimização do modelo, facultando-se a carta de risco de cheia para os Monumentos selecionados do Grande Porto, apresentando a classificação proposta neste capítulo, assim como uma análise dos resultados obtidos.

Finalmente, no Capítulo 6 expõem-se as conclusões finais do trabalho desenvolvido, bem como possíveis desenvolvimentos futuros. Registam-se ainda as dificuldades na realização da dissertação.

2

O PORTO E AS CHEIAS

2.1. INTRODUÇÃO

No âmbito do desenvolvimento de um modelo de classificação de risco de cheia aplicado a Monumentos do Grande Porto, surge a importância de enquadrá-los nas características específicas que o distrito do Porto apresenta. Assumindo o foco do estudo na vulnerabilidade que este Património exhibe perante o fenómeno das cheias, é indispensável o conhecimento de como este fenómeno tem afetado este distrito, através do histórico de cheias e, com a descrição construtiva dos Monumentos controlar o risco implementando medidas preventivas adequadas.

É incontroverso que Portugal apresenta uma elevada propensão para a ocorrência de cheias e que têm vindo a ser realizados esforços no sentido da sua prevenção e na mitigação das suas consequências. No entanto, as áreas sujeitas a risco de cheia têm vindo a aumentar, o que reflete a forma como se tem procedido à ocupação do solo, que naturalmente tem impactes ao nível da hidrologia de superfície. A tendência de, nas últimas décadas, se verificar uma migração populacional e expansão das atividades económicas para as periferias das grandes cidades, implantando-se em espaços hidrologicamente mal conhecidos, transparecem o aumento de vulnerabilidade das populações fixadas nesses locais. No distrito do Porto, as cheias e inundações estão maioritariamente relacionadas às cheias no rio Douro, contudo, há que ter em conta outras ocorrências que embora não atingindo tanta relevância nos meios de comunicação social, são igualmente dignas de registo [4].

Neste capítulo, são apresentadas as causas mais correntes na origem dos danos relativos à influência da exposição contínua dos Monumentos à água, como aquando da ocorrência de cheias. Para tal, foi selecionada uma amostra de 27 edifícios, dos 49, do distrito do Porto, analisados no modelo desenvolvido no contexto da tese de mestrado [5], pela Ana Dias, que versa o desenvolvimento de um modelo de risco de cheia aplicado ao Património Nacional.

2.2. CARACTERIZAÇÃO DO DISTRITO DO PORTO

Existe a tendência generalizada para pensar que as cheias e inundações ou catástrofes naturais relacionadas direta ou indiretamente com o clima estão a aumentar. No entanto, dados do projeto “Disaster” levam a concluir que esse aumento não é assim tão crescente, não existindo mais ocorrências atualmente do que aquelas que houve no século XX, sendo que os períodos em que ocorreram mais danos sociais provocados por cheias, em Portugal, foram as décadas de 30, 40, 50 e 60. Em alguns anos a precipitação é superior, não tendo uma relação direta com alterações climáticas significativas [6].

Sendo as cheias, em Portugal, geralmente relacionadas com as condições meteorológicas e pelas características das bacias hidrográficas, é oportuno fazer um enquadramento do território abrangido pelo distrito do Porto, para que se perceba a que nível a geomorfologia do terreno pode potenciar o fenómeno de cheia.

2.2.1. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO

O Porto é um distrito de Portugal que se localiza na província tradicional do Douro Litoral. A Norte encontra-se limitado pelo distrito de Braga, a sul com os distritos de Viseu e Aveiro, a leste com o distrito de Vila Real e a oeste com o Oceano Atlântico. É o 17º maior distrito português, tendo uma área de 2 395 km², e uma população residente de 2 027 191 habitantes. Na Fig.2.1, estão representados os 18 municípios que o constituem, sendo a sede do distrito a cidade do Porto [7].

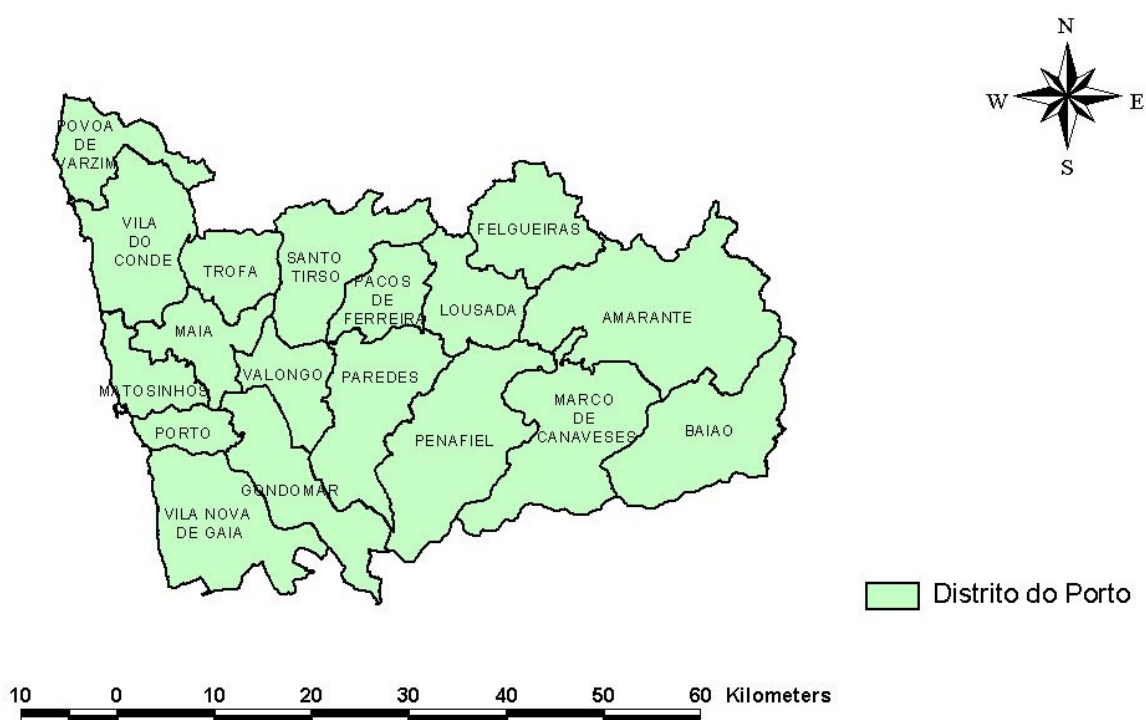


Fig.2.1 – Divisão concelhia do distrito do Porto [7]

2.2.2. RELEVO

Portugal Continental apresenta características geomorfológicas bastante diferenciadas, evidenciando um relevo predominantemente montanhoso a Norte do rio Tejo e de zonas de planície a Sul. É possível distinguir três grandes grupos morfoestruturais em Portugal Continental: o Maciço Hespérico ou Maciço Antigo, as Orlas Meso-Cenozoicas ou Sedimentares e a Bacia Sedimentar do Tejo e Sado.

A geomorfologia patente na área abrangida pelo distrito do Porto é o Maciço Antigo. Esta é a unidade morfoestrutural mais antiga, apresentando na sua constituição rochas muito antigas e de grande dureza nomeadamente: os granitos, os xistos, os calcários cristalinos e os quartzitos [8].

Tal como se observa na Fig.2.2, este distrito desenvolve-se numa panóplia de altitudes que aumentam gradualmente a partir da orla costeira. Entre os pontos mais elevados do distrito, destacam-se a Serra da Aboboreira, a Serra de Valongo e a Serra da Agrela [8].

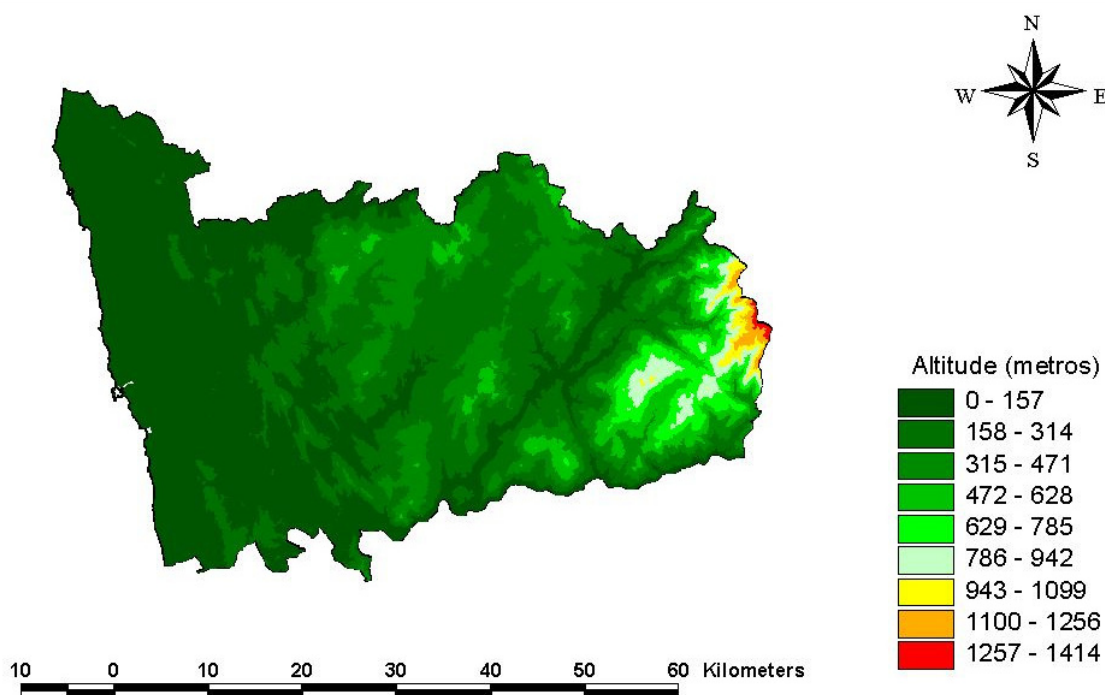


Fig.2.2 – Carta de altimetria do distrito do Porto [7]

De assinalar que as bacias hidrográficas do Douro apresentam uma altitude média superior à média do Continente.

2.2.3. CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

O clima de uma região é influenciado por diversos fatores gerais resultantes da circulação atmosférica superior à latitude dessa região, sendo estes posteriormente condicionados por fatores locais tais como a altitude, proximidade ao mar, orientação das vertentes, entre outras [7].

De acordo com a classificação de Thornthwaite o clima do Distrito de Porto é do tipo C -sub-húmido- tendendo para o tipo B -húmido ou muito húmido-, sendo classificado de clima atlântico pela classificação de Köppen, integrando a Província Atlântica do Norte [9].

2.2.3.1. Temperatura

Como se pode verificar na Fig.2.3, a temperatura média anual do ar, na maioria do distrito do Porto, está compreendida entre os 12,5 e os 15 ° C. As áreas que apresentam as temperaturas médias anuais mais reduzidas são as que maior influência sofrem com a proximidade ao conjunto montanhoso na parte Nordeste do distrito, associado às serras do Marão no Sudeste do concelho de Amarante e Nordeste do concelho de Baião, e Campelos, no concelho da Lousada, afetando igualmente Felgueiras. Em oposição, as áreas que apresentam uma temperatura média anual mais elevada são áreas muito reduzidas, concentradas junto dos vales dos principais rios: Ave, a Norte, e Douro, a Sul [7]. Verifica-se, portanto, uma afetação direta do relevo na temperatura.

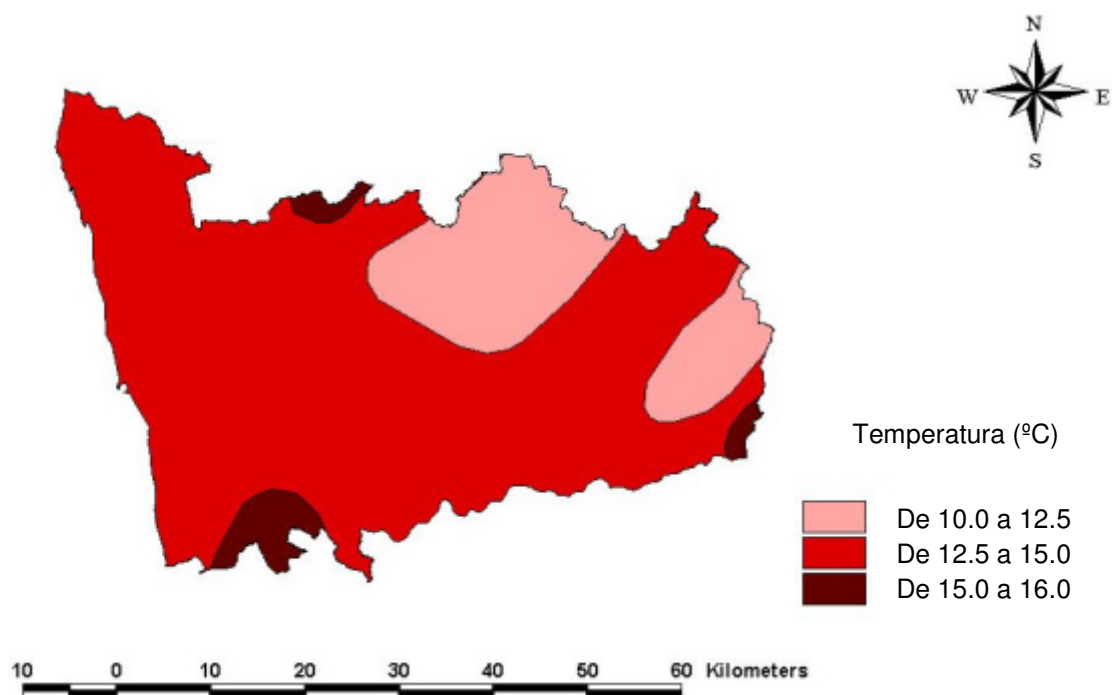


Fig.2.3 – Distribuição dos valores médios anuais da temperatura do ar no distrito do Porto [7]

2.2.3.2. Precipitação

Verificam-se, no distrito do Porto, precipitações médias anuais elevadas, sendo que o intervalo de amplitude é significativo, em que o mínimo valor médio de precipitação é na ordem dos 800 mm e o valor máximo de 2000 mm, tal como se observa na Fig.2.4.

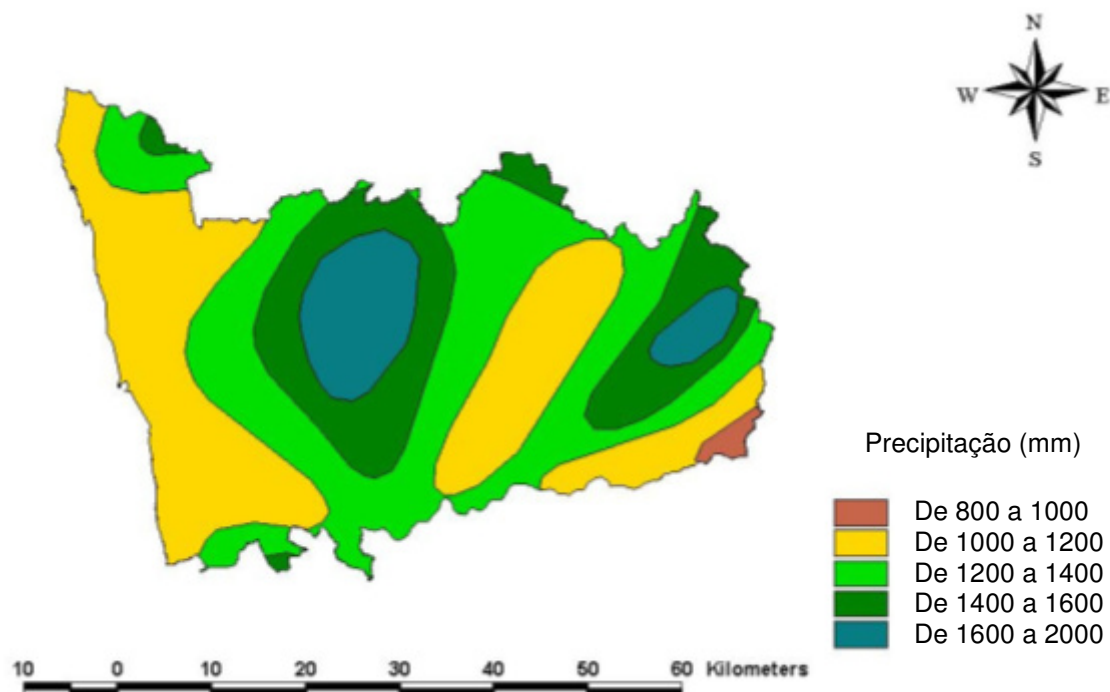


Fig.2.4 – Distribuição dos valores médios anuais da precipitação no Distrito do Porto [7]

Pela sua altitude, a Serra do Marão que integra o Sistema montanhoso Marão/Alvão, é um grande centro de condensação e retenção de humidade. Existem, também, outras zonas, cujos conjuntos montanhosos não apresentam altitudes tão elevadas, mas onde as são precipitações igualmente elevadas e que se estendem a uma maior área distrital, como é o caso das Serras do Penedo e da Agrela, que apresentam uma altitude máxima de 532 metros. Os elevados valores de precipitação que se registam nestes dois centros de maior pluviosidade são interrompidos por uma área de menores valores que corresponde às áreas dos vales do Rio Sousa e do Tâmega [7].

2.2.3.3. Humidade

Na generalidade, a maior parte do distrito do Porto apresenta valores anuais médios de humidade do ar relativamente elevados, entre os 70 e os 80%.

Através da análise da Fig.2.5, verifica-se a influência da altitude elevada e dos conjuntos montanhosos envolventes, no Nordeste, fazendo que os valores anuais médios de humidade sejam na ordem dos 85%. Uma outra área que apresenta valores nesse nível mais elevado é a faixa litoral do distrito, que exclui apenas uma parte no Norte do litoral, nos concelhos de Vila do Conde e Póvoa do Varzim, devendo-se fundamentalmente à proximidade oceânica [7].

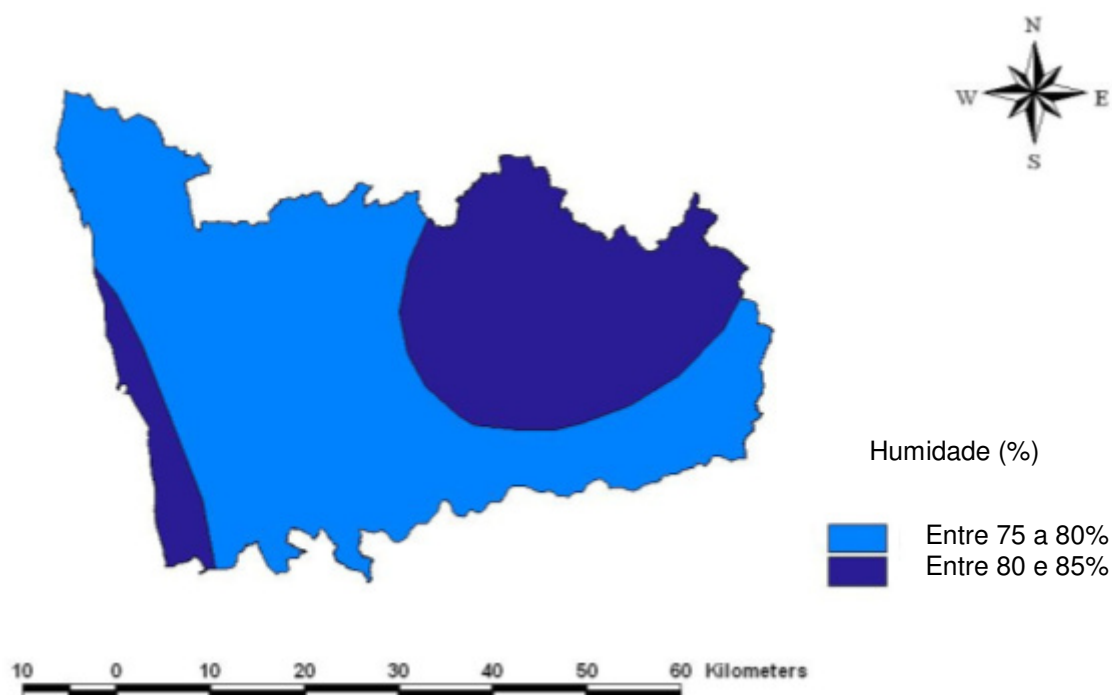


Fig.2.5 - Distribuição dos valores médios anuais de humidade no distrito do Porto [7]

2.2.4. HIDROLOGIA

Os cursos de água mais relevantes que atravessam o distrito do Porto são os rios Ave, Leça, Tâmega e Douro, sendo que este delimita uma parte na fronteira Sul do distrito como se pode observar na Fig.2.6.

Analogamente à irregularidade que o clima português apresenta, há também uma grande variabilidade ao nível dos regimes dos rios, principalmente nas áreas a Norte do país, que devido ao relevo montanhoso generalizado, acentua essa irregularidade.

O rio Ave desenvolve-se ao longo de um percurso de cerca de 94 Km, desaguando no Oceano Atlântico, a sul de Vila do Conde. O rio Leça tem um percurso de 43 Km percorridos, totalmente incluso no distrito do Porto. O rio Douro é um rio internacional, que apresenta uma das bacias mais extensas e pluviosas na Península Ibérica. Desde a Nascente, na Serra de Urbião, em Espanha, até à foz, na cidade do Porto, tem 850 km de comprimento. Um dos seus principais afluentes é o rio Tâmega, que é igualmente um rio internacional, com origem em Espanha, desaguando em Entre-os-Rios [7].

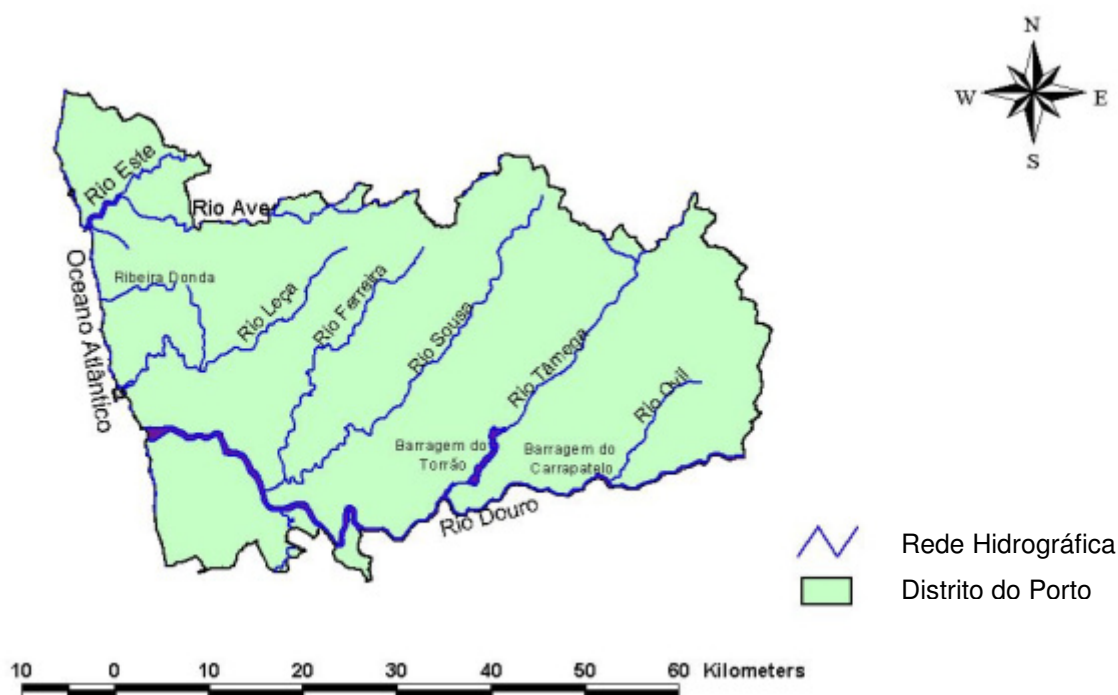


Fig.2.6 – Rede hidrográfica do Distrito de Porto [7]

A rede hidrográfica é composta pelas bacias hidrográficas do rio Douro, Leça e Ave. Já as bacias secundárias, de menores dimensões, incluem os rios ou riachos, que drenam para os rios anteriormente mencionados ou diretamente para o mar.

2.3. MONUMENTOS SELECIONADOS DO DISTRITO DO PORTO

2.3.1. LOCALIZAÇÃO

Para a realização deste trabalho, que tem como base a validação de um modelo previamente elaborado, selecionou-se uma amostra de Monumentos Nacionais da vasta lista de Monumentos utilizados para a elaboração desse modelo. Uma vez que se pretende efetuar uma análise mais exaustiva de um conjunto de Monumentos, aos quais se aplica o modelo, uma visita é um quesito fundamental para recolha de informações, que compreendem desde a recolha fotográfica, o registo de materiais ou o grau de conservação do Monumento, e também a perceção real da sua distância às linhas de água ou até mesmo indicações da ocorrência do histórico de cheias ou inundações no local.

Desta forma, a acessibilidade aos Monumentos aliada aos custos de deslocação, foram os parâmetros iniciais para a seleção dos Monumentos a estudar. Excluiu-se ainda aqueles Monumentos cujas informações eram escassas, a visita não foi permitida ou que se encontravam em obras que impedissem o seu acesso.

Com base nestes critérios, foi possível reunir uma lista de Monumentos que se encontram classificados pelo modelo de risco desenvolvido na “*Análise de Risco de Cheia: Desenvolvimento de um modelo aplicado ao Património Nacional*” [5], desde risco reduzido até risco elevado, para que a amostra seja o mais diversificada possível, tendo também em conta uma distância não muito significativa às linhas de água.

Compõem esta seleção, os Monumentos que pela sua localização, utilização ou inclusão em rotas turísticas se tornaram cartões-de-visita, tais como a Torre dos Clérigos, o Mosteiro da Serra do Pilar, a Sé do Porto, entre outros que se encontram listados no Anexo I.

Da listagem de edifícios, 12 são do concelho do Porto, 2 do concelho de Matosinhos, 1 de Paços de Ferreira, 3 de Penafiel, 1 de Paredes, 4 de Vila do Conde, 1 de Santo Tirso, 2 de Vila Nova de Gaia e 1 da Póvoa do Varzim.

Na Fig.2.7 encontram-se representados os Monumentos seleccionados e a respetiva localização.

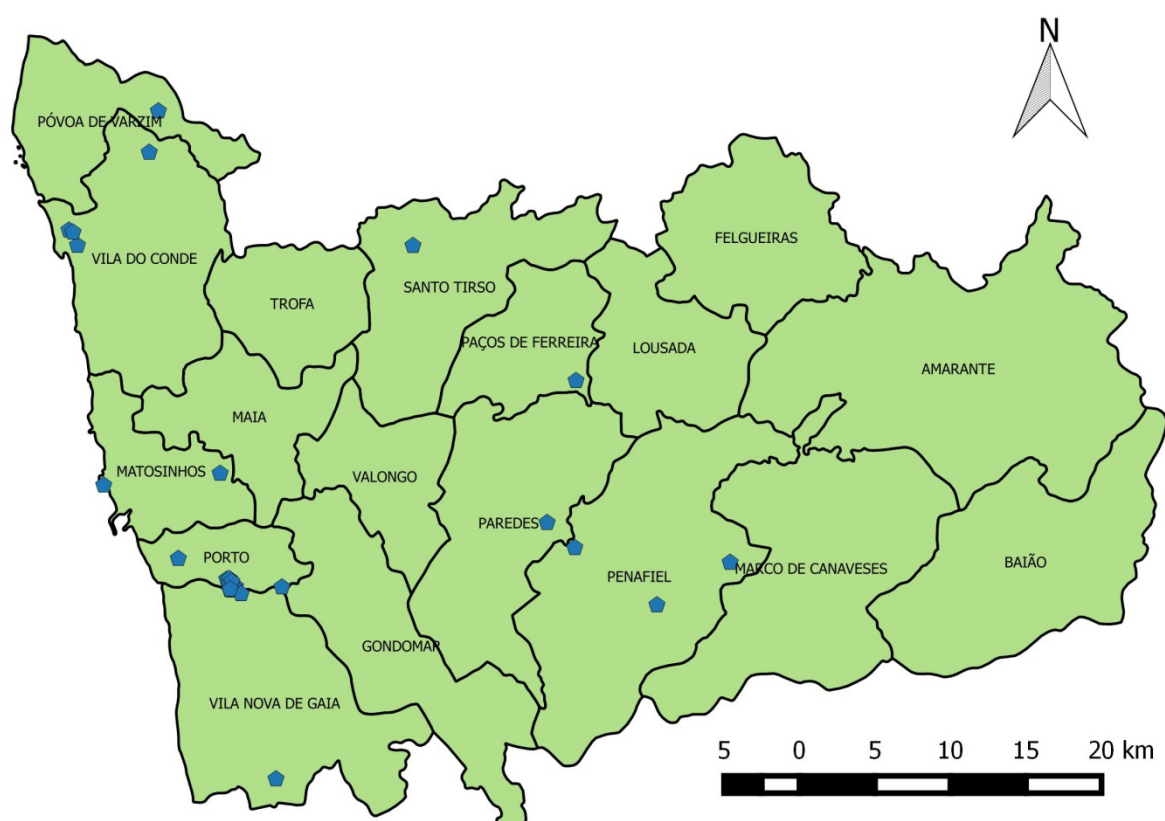


Fig.2.7 – Localização dos Monumentos seleccionados do distrito do Porto

2.3.2. IMPORTÂNCIA HISTÓRICA

No conceito do Inventário do Património Arquitetónico [10], insere-se na categoria de Monumento todo e qualquer objeto edificado que se distinga enquanto contendor de significados que ultrapassam o âmbito estritamente construtivo, arquitetónico ou urbanístico, para transmitir relevância histórica,

social, política, científica, técnica, ecológica ou outra, não dispensando, portanto, uma faceta imaterial importante.

Tal como consta nos Art.15º, 16º, 18º, do Decreto-Lei n.º 107/2001 [11], um bem considera-se de interesse Nacional quando a respetiva proteção e valorização, no todo ou em parte, represente um valor cultural de significado para a Nação.

2.3.3. CONSTITUIÇÃO

As construções são registos não escritos da história, pois através delas podem-se tirar ilações do modo de vida vigente aquando da sua implantação, do padrão arquitetónico e estilístico, da complexidade de execução que está patente na duração da obra, e da evolução e tecnologias construtivas utilizadas.

Maioritariamente, os edifícios classificados como Monumentos nacionais têm como material predominante as alvenarias pedra, pois uma grande parte dos edifícios selecionados foi construída até ao séc. XX. Esta escolha está relacionada com a capacidade resistente deste material às mais diversas solicitações sejam elas de carácter meteorológico ou humano, conferindo segurança e imponência, acoplando funções de envolvente exterior e revestimento interior, como também a de compartimentação [12].

Embora nas construções antigas predominassem os materiais de carácter regional, existia pouca variabilidade quanto aos tipos de materiais presentes, sendo quase exclusivamente apenas utilizados a pedra, o tijolo e a madeira. Contudo, o constante e gradual desenvolvimento das tecnologias construtivas, potenciou o uso de novos materiais como o betão armado [13].



Fig.2.8 – À direita: Igreja do Carmo, em Granito do Porto; À esquerda: Casa de Chá da Boa Nova, em Betão

Revela-se essencial o estudo dos materiais construtivos e as suas associações para compreender como se comportam quando sujeitos a determinadas condições. Neste caso, como se estuda a influência da água na degradação dos materiais dos Monumentos, é adequado efetuar uma análise de determinadas propriedades que influenciam este comportamento.

Com o objetivo de estudar as variações das respostas que os diferentes materiais têm relativamente à água, para se estabelecer uma relação com as possíveis consequências que desse contacto possam

advir, foi elaborado um levantamento dos materiais constituintes da seleção de Monumentos escolhidos para este estudo. A descrição dos materiais compreende desde elementos como paredes e pavimentos, bem como vãos envidraçados e coberturas se assim for pertinente, mediante a localização e cota do edifício.

No sentido de obter uma classificação do comportamento dos materiais face à água, forma consideradas duas propriedades que influenciam determinantemente o seu desempenho:

- O coeficiente de absorção de água – A;
- A expansão hídrica - ΔL_H .

2.3.3.1. Coeficiente de absorção de água – A

O coeficiente de absorção de água de um material representa a massa de água absorvida por área do material em contacto com a água, em função da raiz quadrada do tempo, expresso em $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{1/2})$ [14]. Esta propriedade é um indicador relevante relativo à apetência do material face à água. Por outro lado, a água transporta sais que quando absorvidos pelos materiais, devido à cristalização, provocam a sua degradação.

A determinação experimental do coeficiente de Absorção A, consiste em colocar provetes em contacto com água, medindo-se a variação da massa em função da raiz quadrada do tempo. O ensaio realizado no LFC segue o prescrito nas normas NP EN 1925 e EN ISO 15148:2002.

A absorção de água na superfície livre de um material poroso é um processo que pode ser dividido em duas fases [15]. O coeficiente de absorção de água por capilaridade é determinado na primeira fase, ou seja, na fase de absorção rápida de água capilar. Na primeira fase correspondente ao processo de transporte em materiais porosos, na qual, a penetração depende da taxa de absorção da superfície em contacto com a água [16]. O coeficiente representa o declive da reta tangente ao primeiro troço do gráfico representado na Fig.2.9. Esta fase termina quando há uma alteração brusca do declive da reta tangente, que passa a ser menos acentuada. Dá-se, então, o término da absorção rápida, iniciando-se o processo de absorção lenta, associado à dissolução do ar retido nos poros da amostra após a estabilização da saturação capilar, onde o mecanismo de transporte de água ocorre por difusão [16][17].

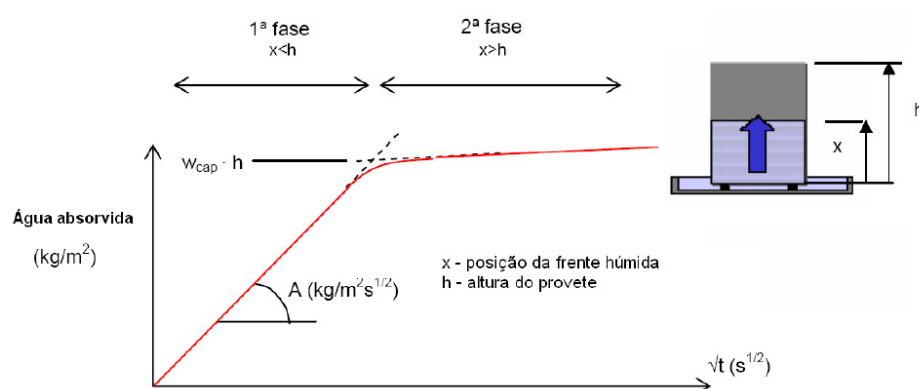


Fig.2.9 – Curva de absorção de água em função da raiz quadrada do tempo e esquema da absorção capilar [18]

O gráfico da Fig.2.9, apresenta dois troços distintos no processo de absorção, em que o declive da primeira fase se destaca comparativamente ao da segunda, onde o declive é menos evidente, sendo que pode ser mesmo constante, o que implica que a saturação tenha sido atingida.

2.3.3.2. Expansão hídrica - ΔL_H

No estudo das propriedades dos materiais, verifica-se que nem sempre aqueles que exibem um coeficiente de absorção de água mais elevado são os que apresentam danos mais significativos quando expostos à água. Sendo um dos principais elementos deste estudo, a classificação de risco dos Monumentos, este parâmetro assume, desta forma, alguma relevância, pois o grau de severidade dos danos que os materiais que compõem as edificações devidos à água, representam eventualmente, perdas de Património, que devido à sua data de construção, materiais e tecnologias construtivas se possam traduzir em perdas irreversíveis. O processo de absorção de água, pelos materiais, provoca perda de propriedades, que se manifesta na conseqüente diminuição da eficiência dos materiais [19].

Os ciclos de expansão/retração são muito comuns nas pedras naturais, geralmente utilizadas nas construções históricas. Estes constantes ciclos colocam estes materiais vulneráveis à meteorização, o que contribui para a degradação dos mesmos [20]. Os níveis de porosidade são afetados pelo grau de meteorização, pois quanto maior for a meteorização e deterioração da pedra, maior a sua porosidade.

Os estudos no âmbito da meteorização e deterioração da pedra desenvolvidos por Begonha [21], Fig.2.10, validam a diminuição do módulo de elasticidade com a meteorização.

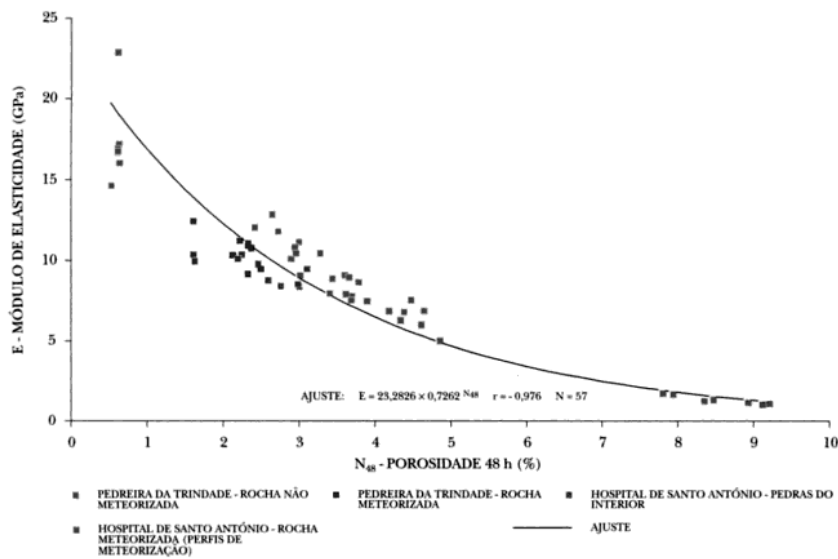


Fig.2.10 – Correlação entre o módulo de elasticidade tangente no troço retilíneo do diagrama das tensões/extensões longitudinais (E) e a porosidade livre às 48 horas (N48) do granito do Porto [21]

O cálculo da expansão hídrica para um determinado material, em que tenham sido determinadas experimentalmente as dimensões dos provetes nos estados seco e saturado, pode ser calculada através da Equação 1 [19].

$$\text{Expansão Hídrica (\%)} = \frac{\text{Variação da dimensão ou volume}}{\text{Dimensão ou volume inicial}} \times 100 \quad (1.1)$$

Caso se trate de um material anisotrópico, este pode apresentar valores resultantes da determinação da expansão hídrica distintos, dependendo da direção que é considerada para a medição da variação de dimensão.

2.4. FENÓMENOS PATOLÓGICOS

A água nas suas diversas formas e mecanismos de ação, é o principal agente de deterioração dos edifícios. A presença de humidade nos mais diversificados componentes construtivos pode originar várias patologias, entre elas a deterioração estrutural, a perda dos revestimentos decorativos, a alteração das condições de habitabilidade e conforto, o desenvolvimento de microrganismos que eventualmente podem ser nocivos à saúde [22].

2.4.1. HUMIDADE ASCENSIONAL

As principais origens da água numa construção são a penetração de águas provenientes da chuva por infiltração e condensação, fugas nas canalizações, água retida durante a construção e humidade ascensional [22].

A humidade é um dos principais fatores de degradação do Património edificado, sendo o tipo mais comumente manifestado, a humidade ascensional. A manifestação deste tipo de humidade, nas paredes de construções antigas, dá-se quando estas estão em contacto com água ou com solo húmido, sempre que os materiais constituintes apresentam elevada capilaridade e quando o corte hídrico é inexistente. A manifestação da humidade ascensional nas paredes depende da porosidade do terreno e dos materiais constituintes da parede, bem como das condições de exposição e de ambiente. A altura que atinge depende do equilíbrio estabelecido entre a subida da água por capilaridade e a evaporação à superfície [22].

No caso de se tratar de paredes de edifícios antigos em alvenaria a forma mais fácil da água ascender é pelas juntas e ligantes de argamassa. Para que a água ascenda através dos blocos de pedra é necessário que a água percorra toda a junta de argamassa à sua volta. Se o material possuir tratamento repelente à água e a argamassa de assentamento não for tratada, a água acaba por ascender do mesmo modo, mas se pelo contrário, a argamassa tiver características hidrófugas a ascensão acaba por não acontecer. Esse processo encontra-se representado na Fig.2.11

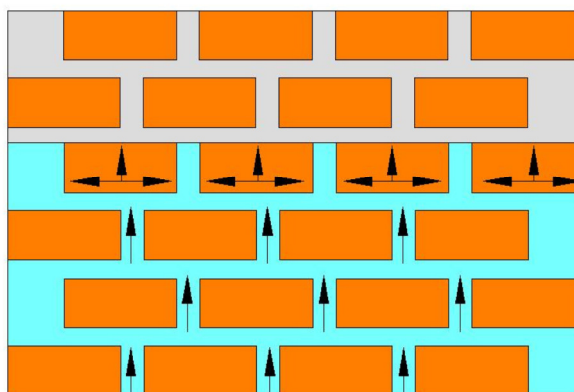


Fig.2.11 – Ascensão de água pelas juntas de argamassa [22]

O avanço da ascensão por capilaridade da água, ocorre até ao ponto em que se verifica o equilíbrio entre a evaporação e a absorção. Contudo, há casos onde esta progressão enfrenta uma material impermeável, como por exemplo os ladrilhos cerâmicos, o que provoca um aumento da ascensão capilar até se atingir um novo equilíbrio [18]. Desta forma, há uma visível influência da colocação de revestimentos impermeáveis na altura atingida pela humidade ascensional.

Os fatores que influenciam a altura de progressão da humidade ascensional são a temperatura, a humidade relativa, a insolação, a espessura das paredes, a porosidade dos materiais e presença de sais. A secagem dos materiais depende da concentração de vapor de água na ambiência e da concentração de água na superfície dos materiais. Assim, a altura atingida pela frente húmida exibe uma cota mais elevada no Inverno, uma vez que a humidade relativa do ar se encontra mais próxima da saturação [22].

Nas construções históricas, onde se inserem a maioria dos Monumentos Nacionais selecionados neste estudo, não existe uma diferença significativa entre a temperatura do ar interior e a temperatura da superfície interior das paredes, logo o fluxo de secagem e a diferença entre a concentração do vapor de água à superfície e a de vapor de água no ar, tendem para zero quando a humidade relativa é elevada.

Tanto nas paredes de tijolo como nas de alvenaria pedra, os sintomas de humidade ascensional são bem evidentes. Quando a água se evapora, os sais cristalizam e ficam aí depositados dando origem a eflorescências, desagregação e deterioração dos materiais.

O acesso da água e a consequente infiltração nos materiais, pode ter origem através de águas freáticas do terreno e/ou águas superficiais de escoamento contida nesse terreno, como é possível observar na Fig.2.12. O nível de água do lençol freático apresenta variações quer com as estações do ano, bem como com as modificações implementadas pelo Homem. A água de escoamento superficial resulta tanto da precipitação como deficiências construtivas ou de manutenção de instalações e redes.

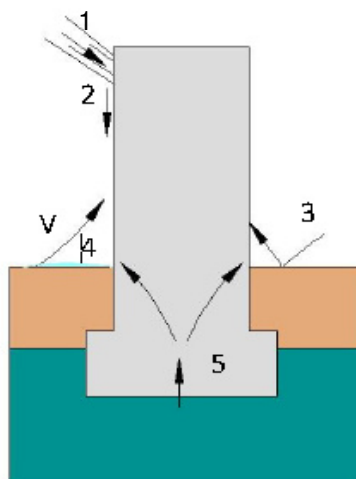


Fig.2.12 – Ação da água e os seus diversos modos de atuação: 1-Chuva incidente; 2- Escorrimentos; 3- Salpicos; 4-Acumulada; 5- Ascendente; V- Ação do vento [22]

Nos casos em que a humidade é proveniente das águas freáticas, os fenómenos mantêm-se inalterados ao longo do ano verificando-se que a altura das manchas, correspondentes às zonas húmidas, se mantém constante em cada parede sendo maior nas paredes interiores onde a evaporação é menor.

Quando a humidade é proveniente de águas superficiais os fenómenos variam ao longo do ano sendo mais gravoso no Inverno do que no Verão. A altura da zona húmida pode variar consideravelmente ao longo das paredes sendo menor nas interiores. Estas variações originam grande amplitude em altura das zonas erodidas das paredes. É a principal causa das manifestações de humidade nas alvenarias mais antigas, em caves e mesmo a níveis superiores ao do terreno ou da via pública. A entrada e a proliferação deste tipo de humidade são devidos essencialmente ao fenómeno físico da capilaridade, como já foi referido. Trata-se de um fenómeno que se manifesta como uma força de sentido inverso ao da gravidade.

Assim, para que ocorram manifestações de humidade do terreno em alvenarias, quer sejam de origem freática ou capilar, é necessário que estas estejam em contacto com águas do solo o que acontece nas seguintes situações [23]:

- Fundações das paredes situadas abaixo do nível freático;
- Fundações das paredes situadas acima do nível freático em zonas em que o terreno possua elevada capilaridade provocando a ascensão da água situada a cotas inferiores;
- Paredes implantadas em terrenos pouco permeáveis ou com pendentes viradas para as paredes, dando origem a que as águas da chuva, ou provenientes de outras fontes, possam deslizar sobre o terreno e entrar em contacto com aqueles elementos.

Não raras vezes, a água proveniente do solo contém sais em solução que, devido à evaporação à superfície, cristalizam. Este mecanismo traduz-se num transporte contínuo de sais que se vão acumulando à superfície sob a forma de eflorescências ou sob a superfície, sendo visível pela apresentação de cripto eflorescências. A propagação da área associada a este fenómeno origina uma rápida deterioração dos revestimentos, da argamassa de assentamento e da alvenaria. O aumento da espessura, a concentração de sais e a porosidade dos materiais condicionam também a altura atingida pela humidade ascensional [22].

2.4.1.1. O gelo e os sais

A porosidade é uma característica comum nos diversos materiais de construção e que tem efeitos no seu comportamento ao longo do tempo, pois é a presença de vazios que permite a penetração de água e soluções salinas, provocando a sua alteração. Se a porosidade for aberta permite que a água, no estado líquido ou de vapor, migre através do material. Quando a porosidade é fechada, o material é praticamente impermeável uma vez que não permite a circulação da água [14]. Na Fig.2.13, estão representados esses dois tipos de porosidade.

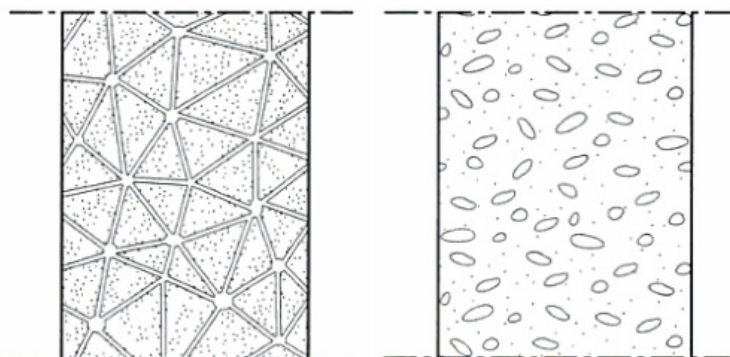


Fig.2.13 – À esquerda: Porosidade aberta; À direita: Porosidade fechada [14]

A água em contacto com os materiais de construção, sofre uma sucção para o interior destes e através do sistema de capilares intercomunicantes, envolve o material. O transporte de água líquida no interior dos materiais porosos dá-se principalmente por capilaridade. A capilaridade é então, uma força de sucção resultante da subpressão capilar que se cria nos poros, estando o fenómeno representado na Fig.2.14.



Fig.2.14 – Fenómeno da capilaridade [14]

Se a temperatura descer, transformando a água em gelo, aumenta o seu volume. Esta variação de volume que resulta da passagem da água do estado líquido para o estado sólido vai dar origem à deterioração do material. Não é apenas este aumento de volume do gelo em relação à água líquida a provocar os estragos no material, podendo verificar-se outros mecanismos que funcionam segundo o grau de saturação, estrutura porosa, rapidez e duração do arrefecimento. Devido a condições climáticas externas podem ficar confinadas por zonas geladas no material, água no estado líquido, que no caso de ocorrer uma redução brusca da temperatura, origina um avanço da frente gelada que exercerá uma pressão hidráulica na água em estado líquido que por sua vez transmite esta pressão às paredes dos capilares onde se encontra retida [22].

A cristalização de sais solúveis atua de forma semelhante, pois a passagem do estado não saturado para o de sobressaturação ocorre por acréscimo de sal por evaporação ou por redução da temperatura. Inicia-se, então, a formação de cristais nos espaços vazios que aumentam de forma análoga à dos cristais de gelo, exercendo pressão sobre as paredes dos capilares. O fenómeno da cristalização está associado ao fenómeno da hidratação/deshidratação e consequentemente ao de variações de volume. A presença de sais que podem surgir em estados de hidratação variados, em função das condições de temperatura e de pressão parcial do vapor de água, dá origem a que cada estado de hidratação corresponda a um volume específico diferente. É a passagem de uma fase para outra no interior dos poros, acompanhada dos aumentos de volume, que dá origem a forças que são exercidas na estrutura do material [22].

Num material poroso contendo uma solução salina, a precipitação do sal devida à evaporação de água pode ocorrer no interior da estrutura ou na sua superfície externa, dependendo de dois mecanismos simultâneos: a difusão de vapor de água através da camada externa, já seca, do material e a migração da solução através da rede porosa da zona interna ainda húmida que vai secando. Se a velocidade de migração da solução for superior à velocidade de difusão do vapor de água, esta poderá atingir a superfície cristalizando aí, originando eflorescências, caso contrário a cristalização poderá ocorrer a uma certa distância da superfície onde os dois efeitos se equilibram e aí origina cripto eflorescências. A degradação em lascas da superfície externa é devida à presença de cripto eflorescências e pela sucessiva concentração de forças em camadas sob a superfície. Os sais mais frequentes são os sulfatos

e os cloretos seguidos dos carbonatos e nitratos [22]. Na Fig.2.15 estão representados alguns dos efeitos da presença de sais solúveis em alguns Monumentos Nacionais estudados.



Fig.2.15 – À direita: Eflorescências no Hospital Santo António, Porto; À esquerda: Placas e plaquetas na Igreja de São Cristóvão de Rio Mau, Vila do Conde

2.4.1.2. Variação de temperatura

As elevadas temperaturas têm influência no comportamento dos materiais, podendo originar deformações em elementos de pedra, tijolo, madeira, entre outros. Se não lhes for possível dilatar livremente, estas deformações levarão a tensões internas. Em peças com espessura reduzida, este aumento de temperatura origina deformações por flexão que se traduzem em encurvamentos e bambeamentos. Se as variações de temperatura se verificarem com o material saturado de água, podem ocorrer dois fenómenos que há que ter em atenção do ponto de vista da degradação. A evaporação de água presente nos capilares superficiais dá origem a ciclos consecutivos de movimentação de água do interior para o exterior mobilizando assim cerca de 70% do total de água. Se a evaporação acontecer de forma rápida e envolver ciclos repetidos, então pode dar origem a alterações superficiais no material como esfoliações [22].

2.4.2. CHEIAS E INUNDAÇÕES

Não raras vezes estes dois conceitos são utilizados como sinónimos, todavia, são conceitos distintos, uma vez que as cheias provocam inundações, no entanto, nem todas as inundações são provocadas por cheias [24]. O conceito de cheia refere-se a um fenómeno hidrológico extremo, de frequência variável, natural ou induzido pela ação humana, que consiste no transbordo de um curso de água relativamente ao seu leito ordinário, dando origem à inundação dos terrenos adjacentes (leito de cheia). As inundações são fenómenos hidrológicos extremos, de frequência variável, naturais ou induzidos pela ação humana, que consistem na submersão de uma área usualmente emersa. Assim, as cheias assumem-se como fenómenos hidrológicos temporários, enquanto as inundações, maioritariamente de carácter temporário, podem ser definitivas, como no caso da subida eustática do nível do mar, devido ao aquecimento global [24].

A ocorrência de inundações pode ter uma paleta diversificada de causas e, desta forma, ser agrupadas em vários tipos: inundações fluviais ou cheias, inundações de depressões topográficas, inundações costeiras ou marítimas e inundações urbanas.

Em Portugal, as inundações mais comuns são devidas a causas meteorológicas:

- Cheias progressivas/ lentas dos rios com maiores dimensões;
- Cheias rápidas dos rios e ribeiras de pequenas e médias bacias hidrográficas;
- Subida das águas subterrâneas em locais topograficamente deprimidos;
- Inundações devidas à sobrecarga dos sistemas de drenagem artificiais nos meios urbanos;
- Inundações costeiras devidas a galgamentos oceânicos.

A pluviosidade é a principal causa das cheias, da subida das águas subterrâneas e das inundações urbanas. As cheias podem ser de dois tipos quanto à sua variação no tempo: cheias lentas ou cheias rápidas. As cheias lentas são provocadas por chuvas contínuas e prolongadas, podendo não atingir uma intensidade significativa e, por isso, generalizadas a vastas áreas. Isto leva à saturação dos solos, à reposição das reservas subterrâneas, provocando, por fim, fenómenos de transbordo. As cheias rápidas são provocadas por chuvas concentradas temporal e espacialmente, e de grande intensidade, originando as inundações urbanas [24].

As cheias e inundações são fenómenos hidrológicos que não é possível evitar, e que podem ser potencialmente perigosos, dependendo da altura da água, caudais, da velocidade com que progridem e da frequência com que ocorrem [24]. Contudo, só provocam situações de risco se houver elementos a elas expostos como existência de população, propriedades, infraestruturas, atividades económicas, ou seja, localizados em áreas inundáveis, que possam ser destruídos ou gravemente danificados. Assim, uma inundação afetará mais uma área habitada do que uma não habitada, mesmo que a inundação seja superior na área não habitada. A avaliação final do dano efetivo, resultante da severidade do impacto de um evento, apenas se pode determinar tendo em conta a exposição, ou seja, os elementos potencialmente afetados [25].

Aplicando o critério desenvolvido pela EM-DAT para num fenómeno natural poder ser atribuída a designação de catástrofe, constata-se que no período compreendido entre 1960 e 2010, as cheias e inundações foram a catástrofe mais frequente, com 35% do total das catástrofes naturais ocorridas em Portugal. Surge então a importância da existência de políticas de proteção civil e de ornamento de território, no sentido de mitigar o risco associado a estes fenómenos [24].

Há parâmetros relacionados com as inundações, que devido ao grau de incerteza não são passíveis de serem previstos. A suscetibilidade, apesar de representar a propensão de uma determinada área ser afetada por um determinado perigo, em tempo indeterminado, revela-se insuficiente para dar resposta a quando e com que frequência ocorrem as inundações, pois não contempla o período de retorno ou a probabilidade de ocorrência. Torna-se, portanto, necessário definir a perigosidade do fenómeno que se traduz na probabilidade de ocorrência de um processo com potencial destruidor, neste caso, as cheias e inundações, com uma determinada severidade, numa dada área e num dado período de tempo [25]. A escassez de dados hidrométricos que possibilitem a análise estatística e a definição dos períodos de retorno das cheias e inundações, dificulta a definição da perigosidade.

No sentido de tornar possível a avaliação e gestão dos riscos de inundações, surge o Decreto-Lei nº 115/2010 [1], que tem como principal objetivo a redução dos danos provocados pelas cheias e inundações, atribuindo um carácter obrigatório à elaboração de cartas de risco de inundação para áreas que apresentem um histórico de consequências destrutivas assinalável por efeito deste fenómeno, ou

áreas em que a ocorrência de tais riscos se possa considerar provável, como acontece em áreas com pressão urbana sobre os leitos de cheias [24].

Com a elaboração de cartas de risco, pretende-se que a ocupação e uso do território, contemple parâmetros que tornem mais eficaz o processo de gestão territorial das áreas inundáveis potencialmente perigosas, para que possam ser maximizadas as suas capacidades e reduzidas ou até mesmo mitigados os seus riscos, para que se possa tratar o Património existente convenientemente.

2.4.3. HISTÓRICO DE CHEIAS NO DISTRITO DO PORTO

Para uma melhor perceção da ocorrência do fenómeno de cheia no distrito do Porto, foi elaborado um registo das cheias que tiveram maior impacto neste distrito:

- 1727 - Rio Douro. Foi a maior cheia do século XVIII. A água atingiu uma cota tal que de cima do muro da Ribeira Do Porto era possível chegar com as mãos à água. Nesta cheia, o Douro galgou a margem esquerda e inundou o mosteiro do Corpus Christi;
- 1739 - Rio Douro. Teve um período de duração de 3 meses. Aconteceu repentinamente, tendo destruído casas, lojas, originando mesmo mortes. A água atingiu alturas tais que cobriu o cimo do muro da Ribeira e chegou até ao altar-mor da capela de Nossa Senhora da Piedade, situada no Largo do Terrinho;
- 1909 – Rio Douro. Ocorreu entre os dias 17 e 25 de dezembro, tendo atingido um caudal máximo de 16700 m³/s na Régua. Originou cheias, das quais resultaram mortes, desalojados e perdas;
- 1948 – Vários rios do país. Foi uma das cheias mais generalizadas em Portugal, por se terem verificado quase em todos os rios do Continente;
- 1962 – Rio Douro, Rio Lima e outros. Foi uma das maiores cheias do século XX, tendo sido extensível a vários rios do norte de Portugal, como o caso do Rio Douro em que se verificou a 2ª maior cheia do século. Ao nível do cais da Ribeira, Terreiro e Gaia, no seu pico máximo, a água atingiu o impressionante nível de 4,5 metros de altura. No dia 2 de janeiro de 1962, a cheia no Rio Douro causou 4 pessoas evacuadas na Ribeira e 1036 desalojados em Vila Nova de Gaia, tendo originado um clima de pânico, como referido na Fig.2.16;

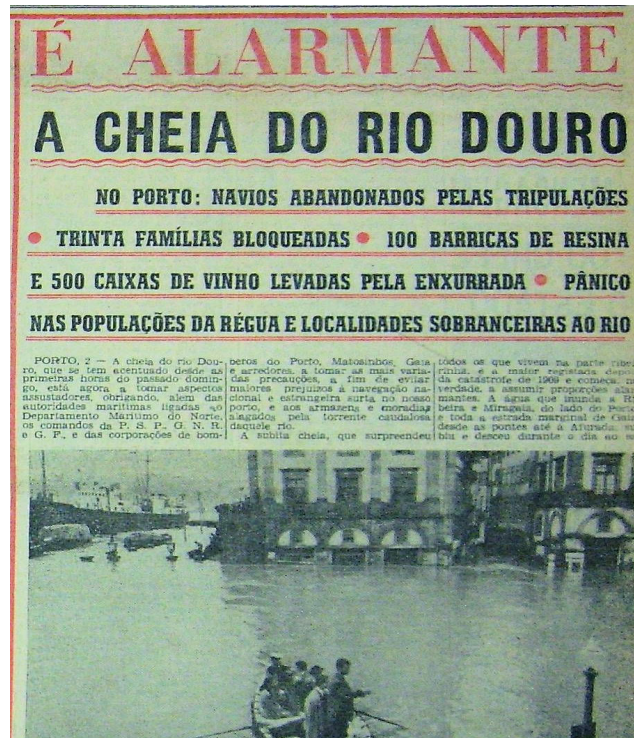


Fig.2.16 - Diário de Notícias de 3 de Janeiro de 1962 [26]

- 1966 – Rio Douro. Atingiu um caudal de 12500 m³/s;
- 1978 – Vários rios do país. Verificaram-se cheias nos principais rios do país. Segundo relato fornecido ao Diário de Notícias, no dia 1 de Março, pelo Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, “as quantidades totais de precipitação na segunda década de Fevereiro ultrapassaram em quase todo o território continental os valores normais para a época”. A cheia provocou elevados prejuízos [25], como se observa na Fig.2.17;



Fig.2.17 - Diário de Notícias de 28 de Fevereiro de 1978 [26]

- 1979 – Rio Douro (Fig.2.18). Na cidade do Porto existiram 41 evacuados;



Fig.2.18 – Cheia na Ribeira do Porto em 1979 [27]

- 1989 – Rio Douro (Fig.2.19). Na madrugada de 22 de Dezembro de 1989 o rio Douro saiu do seu leito e invadiu as margens, inundando as áreas ribeirinhas do Porto e de Vila Nova de Gaia, provocando cerca de 200 desalojados [26];



Fig.2.19 - Diário de Notícias de 23 de Dezembro de 1989 [26]

- 1996 – Rio Douro (Fig.2.20). A cheia do Douro atingiu níveis tao elevados que resultou na evacuação de 60 pessoas em Avintes, em Vila Nova de Gaia;



Fig.2.20 - Diário de Notícias de 10 de Janeiro de 1996 [26]

- 2000 – Rio Douro. Cheias consecutivas entre os meses de Dezembro e Março, em que o distrito do Porto foi um dos afetados. Provocaram o desalojamento de várias famílias no Porto, como indicam a Fig.2.21;



Fig.2.21 - Diário de Notícias de 8 de Dezembro de 2000 [26]

- 2014 – Cheia Marítima, várias zonas do litoral Norte. Destruição de infraestruturas localizadas junto ao mar. Em Matosinhos, a água do mar galgou a linha de costa e chegou à estrada, como se observa pela Fig.2.22, levando ao corte da circulação na zona marginal de Perafita, em Matosinhos.



Fig.2.22 – Cheia Marítima na Foz do Porto, em Janeiro de 2014 [28]

2.5. SÍNTESE DO CAPÍTULO

Como síntese conclusiva em relação à caracterização do distrito do Porto, seleção dos Monumentos Nacionais a analisar, as várias formas de degradação provocadas pela água e Histórico de cheias, salientam-se os seguintes aspetos:

- Portugal apresenta uma elevada propensão para a ocorrência de cheias. Nesse sentido, pretende-se classificar um conjunto de 27 Monumentos Nacionais relativamente ao risco de cheia. Os edifícios foram selecionados tendo em conta a proximidade e o interesse tanto histórico como para o estudo a desenvolver, para se obter uma amostra heterogénea ao nível das classificações de risco;
- De modo a compreender de que forma a geomorfologia do terreno pode potenciar o fenómeno de cheia, fez -se um enquadramento do território abrangido por este distrito. Localiza-se na província tradicional do Douro Litoral, tem uma área de 2 395 km², uma população de 2 027 191 habitantes e composto por 18 municípios, sendo a sede do distrito a cidade do Porto.
- A geomorfologia do distrito do Porto é o Maciço Antigo, composta por rochas bastante antigas e de grande dureza. Entre os pontos mais elevados do distrito estão a Serra da Aboboreira, a Serra de Valongo e a Serra da Agrela; Apresenta um clima atlântico, com temperaturas médias anuais entre os 12,5 e os 15 ° C, com humidade e precipitações médias anuais elevadas. Os cursos mais importantes que atravessam o distrito do Porto são os rios Ave, Leça, Tâmega e Douro;
- No sentido de se obter uma classificação dos materiais face à água, em estado líquido, destacam-se duas propriedades que influenciam determinantemente o seu desempenho: o coeficiente de absorção de água e a expansão hídrica. Quanto maiores forem, maior é o impacto causado pelas cheias nos materiais. Nem sempre os materiais que absorvem mais

água, e por isso exibem um maior coeficiente de absorção, são os que sofrem mais danos quando expostos à água; Com a deterioração dos materiais os valores do coeficiente de absorção e expansão hídrica podem agravar-se;

- A ação da água nos materiais é influenciada pela porosidade, capilaridade e a presença de sais, onde a maior ou menor absorção de água depende maioritariamente deste fatores, o que causa a degradação dos materiais, levando ao aparecimento de patologias;
- Um dos principais fatores de degradação do Património é a humidade ascensional, onde se dá a ascensão de água por capilaridade até se atingir o equilíbrio entre a evaporação e a absorção;
- As cheias são um fenómeno hidrológico extremo, de frequência variável, natural ou induzido pela ação humana, que consiste no transbordo de um curso de água relativamente ao seu leito ordinário, dando origem à inundação dos terrenos adjacentes. Podem ser lentas ou rápidas, conforme a duração e a intensidade das chuvas;
- As inundações são fenómenos hidrológicos extremos, de frequência variável, naturais ou induzidos pela ação humana, que consistem na submersão de uma área usualmente emersa;
- Entre as cheias mais significativas, no distrito do Porto, estão as de 1909 e 1962, sendo a primeira e segunda maior cheia do Porto, no século XX, respetivamente.

3

MODELOS DE ANÁLISE DO RISCO DE CHEIA DO PATRIMÓNIO NACIONAL

3.1. INTRODUÇÃO

Portugal é um país com uma vasta e longa história cultural, havendo um Património edificado de grande relevância que tem e deve ser preservado. Choay [29] define Monumento histórico como tudo o que a história agregou valor associado ao conceito de documento histórico. Não foi feito para ser Monumento, mas adquiriu valor documental com o passar do tempo, devendo ser resguardado como testemunho para as gerações futuras.

As obras de restauro e preservação, não podem, por isso, apenas incidir nas preocupações com o estado das infraestruturas, mas também incluir elementos como a localização e o respetivo meio circundante, os fatores de risco mais prementes a que estes Monumentos podem estar sujeitos, na sua maioria de cariz não controlável, onde se incluem os Riscos Naturais. Nesta extensa gama de riscos estão incluídos os sismos, as secas, as cheias, os incêndios, as ondas de calor, as vagas de frio, entre muitos outros.

Pelo efeito degenerativo que a exposição contínua ou muito intensa de um material construtivo à água, surge a preocupação relativamente a fenómenos como a humidade, inundação e cheia. Estes fenómenos são de particular atenção em monumentos que fazem parte do Património Nacional por, na sua maioria, terem sido edificados cronologicamente muito distanciados do tempo atual e na sua maioria em pedra. Assim, devido à ausência de técnicas construtivas que minimizem os efeitos nefastos da água, apresentam-se, assim, mais vulneráveis.

Torna-se, portanto, iminente o desenvolvimento de modelos que possam indicar o risco de cheia para esta fração de edificações, com o objetivo de serem implementados mecanismos que auxiliem a não degradação, e, portanto, a preservação da história, num documento vivo que são as construções. Para tal, ao longo deste capítulo, serão apresentados alguns modelos que permitem atribuir um grau de risco a um determinado Monumento, sendo uma ferramenta de utilidade assinalável no processo de adoção das medidas preventivas mais adequadas a aplicar, assegurando um carácter de singularidade no tratamento do Monumento, em detrimento de abordagens genéricas que poderão não surtir o devido efeito.

O risco pode ser definido como o resultado da avaliação das consequências de um evento, obtendo-se através do produto da probabilidade de ocorrência de um evento pelas consequências que dele advêm. Por sua vez, as consequências podem ser descritas como o produto da vulnerabilidade pelo valor dos elementos em risco. O fator perigo assume uma grande importância na apreciação do risco, pois é o

processo que ameaça algo e pode causar danos ou perdas, permitindo medir as consequências do risco, a vulnerabilidade do que é exposto e a capacidade de recuperação de danos provocados pelo evento. As consequências podem traduzir-se em danos, destruição, perdas monetárias, perda de bem-estar ou até mesmo da identidade social [30].

Para minimizar estas consequências, podem-se adequar procedimentos de gestão de risco. Existem diferentes metodologias que permitem efetuar uma análise do risco que podem ser quantitativas, qualitativas ou uma junção de ambas.

Os Métodos quantitativos são totalmente probabilísticos e requerem um grande nível de detalhe, sendo que o seu resultado em forma de probabilidade. Para a sua aplicação é necessário um elevado nível de conhecimentos técnicos aliado a uma grande e detalhada quantidade de dados. Para tal, é necessário despendar tempo, recursos económicos e humanos [30]. No que às cheias diz respeito, há uma grande falta de uma base de dados hidrométricos e definição de períodos concretos de retorno para as inundações que permita proceder a um tratamento estatístico, e portanto, à definição da probabilidade de ocorrência de cheia.

Os Métodos semi-quantitativos permitem uma combinação de uma panóplia de fatores que são classificados numericamente, com base em descrições qualitativas. Ao contrário dos métodos quantitativos, os resultados não são em forma de probabilidade, mas sim, uma medida numérica. Este tipo de metodologias exhibe algumas vantagens como também desvantagens. Têm a seu favor a facilidade de aplicação, podendo ser utilizados para problemas complexos ou mesmo quando os dados são insuficientes para uma abordagem probabilística completa. Contudo, devido ao seu grau de subjetividade, apresenta algumas fragilidades. Por se tratar de uma quantificação do risco, pode levar a uma falsa sensação de fiabilidade, principalmente quando a análise incide sobre dados incertos [30].

Os Métodos qualitativos utilizam indicadores que combinam e classificam fatores que contribuem para o risco usando termos qualitativos, apresentando, assim, uma medida qualitativa do risco. Estes métodos são simples de aplicar e envolvem menos recursos, levando a uma poupança de tempo, recursos humanos e económicos. Podem ser aplicados a qualquer tipo de perigo e Património cultural. Apesar dos resultados não serem passíveis de serem traduzidos por um número, podem conter informação descritiva que é igualmente importante [30].

Numa análise de risco é necessário saber qual o método que melhor se adequa ao evento que se pretende analisar. A seleção é geralmente baseada nos recursos disponíveis bem como nos dados disponíveis.

Apesar de haver um bom conhecimento sobre o Património existente, há a falta de uma quantidade significativa de dados concretos para análises complexas. Assim, a escolha de uma metodologia qualitativa constitui uma boa opção, pois também possibilita a poupança de tempo e recursos monetários.

Um Método de avaliação de risco de carácter geral, além de simples, informativo e permitir uma aplicabilidade a um vasto conjunto de bens do Património, deve considerar:

- A probabilidade de perigo;
- As consequências do perigo;
- A vulnerabilidade do património cultural relativamente ao perigo;
- A capacidade de se recuperar do evento.

3.2. MODELO BI - CRITÉRIO 1

Este modelo insere-se num dos estudos desenvolvidos no Projeto METANIR [31], onde, em Portugal, se faz uma primeira abordagem representativa dos riscos do Património associadas a solicitações de origem higrotérmica, havendo uma avaliação direta de risco relativamente ao Património localizado na proximidade de linhas de água.

O estudo incidiu numa amostra composta por 756 Monumentos, localizados nos distritos de Vila Real, Porto e Braga, estando incluídos o Vale do Ave e Vale do Tâmega (Fig.3.1). Esta zona de estudo foi seleccionada, pela representação cartográfica dos monumentos, ao nível do posicionamento geográfico, e identificação do seu grau de risco e função à proximidade das linhas de água [31].

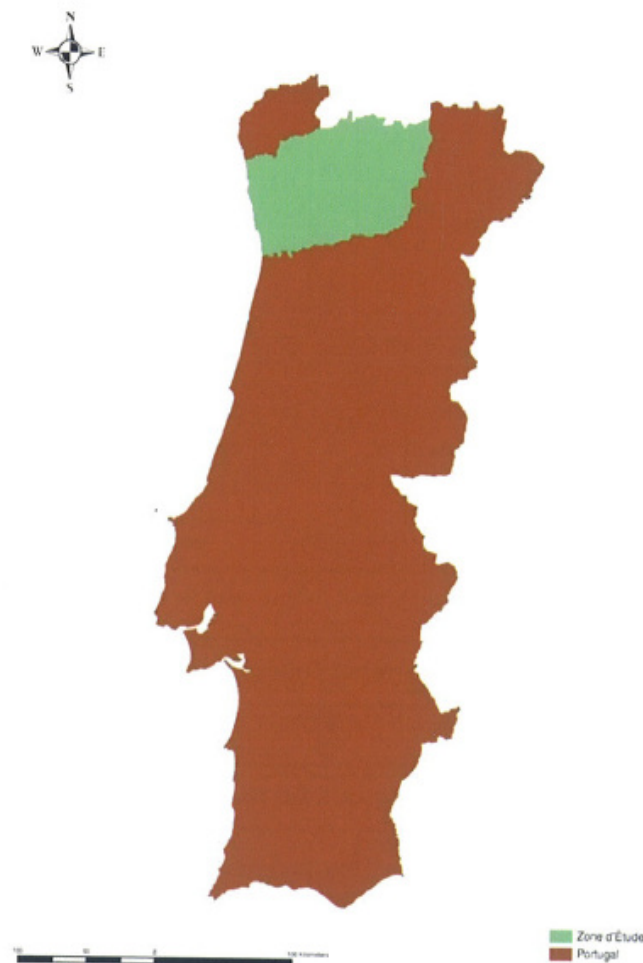


Fig.3.1 – Localização da zona de estudo [31]

3.2.1. FATORES DE RISCO

Este método simplificado permite uma abordagem expedita quanto ao grau de risco de cheia, sendo os dois critérios subjacentes à atribuição do grau de risco, a distancia, medida na horizontal, entre a localização do Monumento que se pretende classificar e a linha de água mais próxima e a diferença de altura entre o Monumento e a dita linha de água.

3.2.2. CLASSIFICAÇÕES DE RISCO

Para cada um dos critérios referidos em 3.2.1., há quatro graus de risco associados, como se pode verificar nos Quadros 3.1 e 3.2.

Quadro 3.1 – Definição dos graus de risco em termos de distância em linha reta do Monumento à linha de água mais próxima [31]

Grau de Risco	D (m)
1	$D > 40$
2	$40 \geq D > 20$
3	$20 \geq D > 10$
4	$D \leq 10$

Quadro 3.2 – Definição dos graus de risco em termos de diferença de altura entre o Monumento e a linha de água [31]

Grau de Risco	H (m)
1	$H > 10$
2	$10 \geq H > 5$
3	$5 \geq H > 2$
4	$H \leq 2$

3.2.3. PONDERAÇÕES

Partindo do pressuposto que a diferença de altura é mais importante do que a distância em linha horizontal, utilizam-se diferentes ponderações, para estes dois critérios, no cálculo do grau de risco de cada monumento. Ao grau de risco obtido em termos de diferença de altura, corresponde uma ponderação de 75%. Para o grau de risco obtido em termos de distância em linha reta, corresponde uma ponderação de 25%.

3.2.4. GRAUS DE RISCO

Com o objetivo de avaliar o grau de risco a que cada monumento está exposto, surge uma escala com quatro graus de risco diferentes: Grau 1 – Risco Muito Reduzido; Grau 2 – Risco Reduzido; Grau 3 – Risco Moderado; Grau 4 - Risco Elevado.

A definição dos graus de risco em termos da distância horizontal e vertical do Monumento à linha de água mais próxima está também compreendida entre o Grau 1 e o Grau 4, sendo que a severidade aumenta do Grau 1 para o Grau 4. Após a atribuição dos graus de risco relativamente às distâncias, multiplica-se esse valor pela ponderação correspondente, chegando-se a uma média ponderada, podendo-se, então, atribuir uma classificação do Grau de Risco do Monumento.

Quadro 3.3 – Grau de risco do Monumento [31]

Grau de Risco	Risco
1	Muito Baixo
2	Baixo
3	Moderado
4	Elevado

3.2.5. CARTAS DE RISCO

Esta abordagem permite avaliar os edifícios Patrimoniais que, devido à sua localização em termos de proximidade às linhas de água, se encontram numa situação de maior vulnerabilidade no caso de ocorrência de cheias. Trata-se de um modelo simples, rápido e cuja informação necessária é de fácil obtenção.

Na Fig.3.2, estão representados os monumentos da zona em estudo, por meio de identificação do grau de risco.

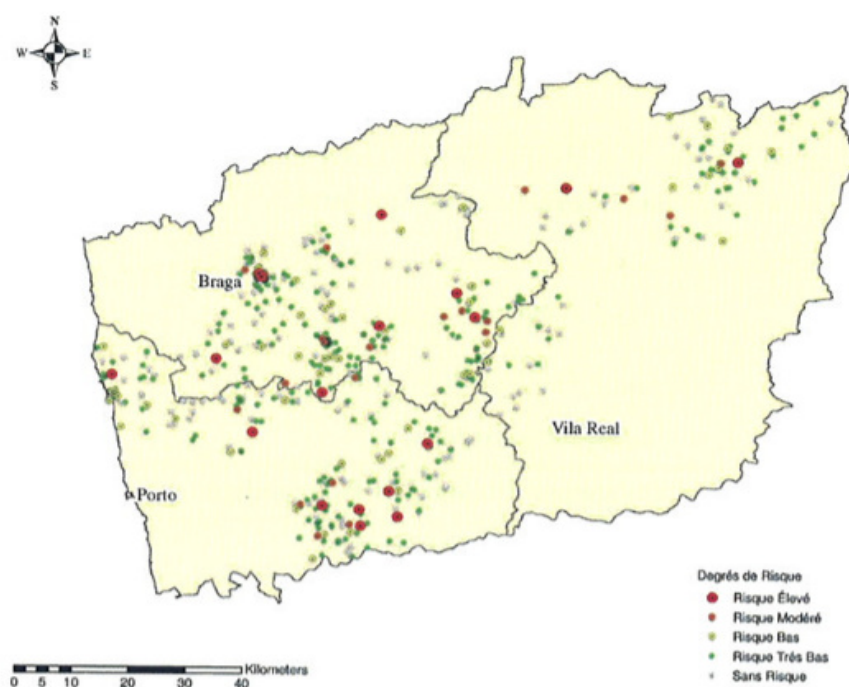


Fig.3.2 – Representação dos Monumentos identificados com grau de risco [31]

As redes hidrográficas e os Monumentos com um grau de risco significativo (graus 3 e 4), estão representados na carta da Fig.3.3.

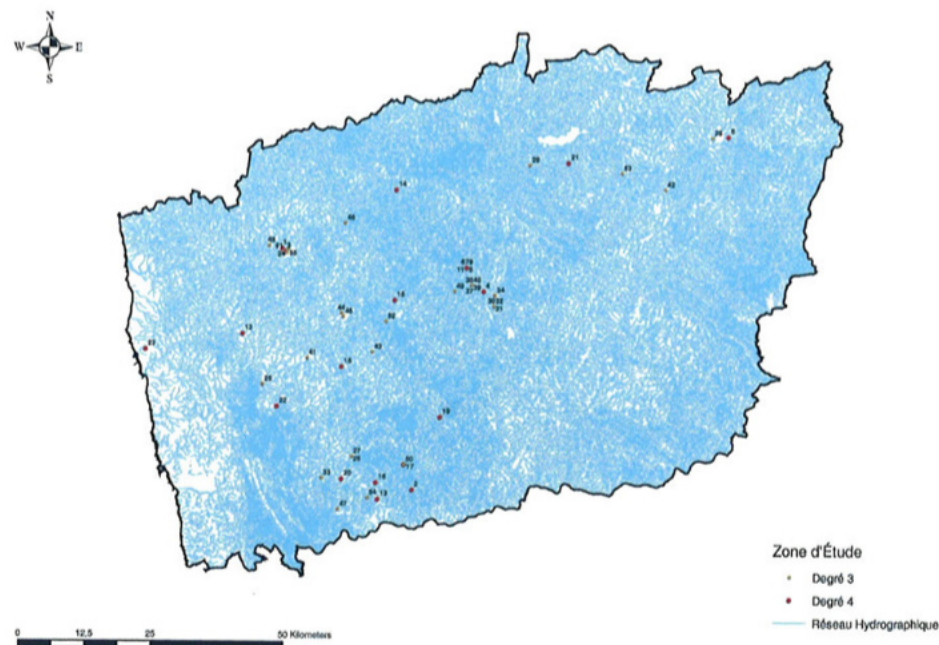


Fig.3.3 – Identificação dos Monumentos com grau de risco 3 e 4 [31]

3.3. MODELO BI – CRITÉRIO 2

Na tentativa de um maior rigor na classificação dos Monumentos quanto ao risco de cheia, desenvolveu-se este modelo de avaliação do risco de cheia do Património edificado Português. Este modelo tem como base de formulação a mesma desenvolvida no Projeto METANIR [31], sendo também aplicado a uma seleção de Monumentos com o piso térreo habitável, classificados como Monumentos Nacionais, em distritos da Região Norte de Portugal [32].

A compilação das características do Monumento resultou numa folha de cálculo, onde é apresentada a informação de forma condensada e organizada. Um exemplo de folha de cálculo é apresentado na Fig.3.4.

Código	Nome	Região	Distrito	Concelho	Freguesia	Latitude	Longitude	Linha de água	Distância (m)	Diferença de altura (m)	Classificação D	Classificação Δh	Nível de risco
--------	------	--------	----------	----------	-----------	----------	-----------	---------------	---------------	-------------------------	-----------------	--------------------------	----------------

Fig.3.4 – Exemplo de uma folha de dados (adaptado de [32])

Dos dados necessários sobre os Monumentos e para se proceder a uma correta aplicação do modelo, fazem parte: o número do Monumento (código), a denominação, a região, o distrito, o concelho, a freguesia, a latitude, a longitude, a linha de água, a distância e a correspondente classificação de risco, a diferença de altura (medida na vertical) entre o ponto mais baixo do Monumento e a linha de água mais próxima e a correspondente classificação de risco, o nível de risco (classificação de grau de risco) [32].

Os dados de localização foram recolhidos no Sistema de Informação para o Património Arquitetónico [33], e confirmados pelo Google Earth. Através da utilização do *software* QGIS, que permite a sobreposição da informação relativa à localização dos Monumentos com mapas. Sendo que a localização das linhas de água foram importadas do SNIRH [34], com a finalidade de confirmar as informações disponíveis na cartografia. O *software* QGIS oferece a possibilidade de abrir os mapas digitais, adicionar novas informações espaciais e criar mapas impressos. Com este tipo de *software* é possível compilar todos os dados recolhidos, procedendo-se à medição de distâncias, de elevações entre outros, como indicado na Fig.3.5.

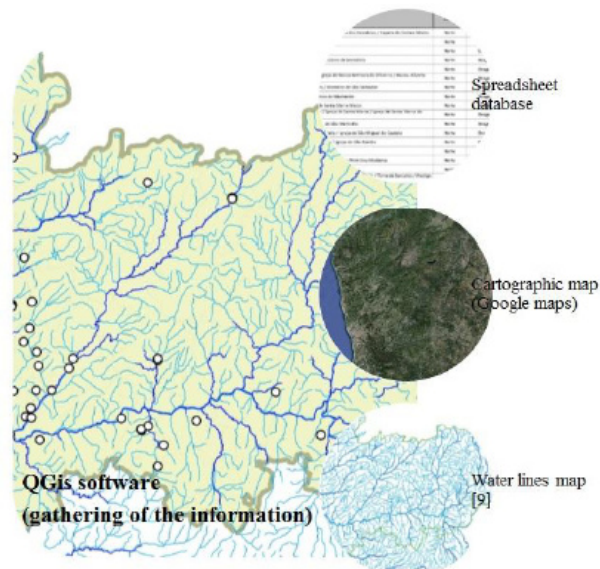


Fig.3.5 – Recolha de informações: base de dados Monumentos e cartografia (Google Maps e SNIRH) [32]

3.3.1. FATORES DE RISCO

Neste trabalho foram desenvolvidas estratégias para controlar os efeitos nefastos das alterações climáticas, tais como cheias ou degradação devido à humidade. E, por conseguinte, criar um modelo que avalie o risco de cheia do património português selecionado, com a finalidade de serem aplicadas as medidas preventivas mais adequadas para cada edifício.

A sua metodologia simplificada de avaliação de risco, incide apenas em dois parâmetros: a diferença de altura entre o ponto mais baixo do Monumento, medida na vertical, e a linha de água mais próxima, H , e a menor distância entre o Monumento à linha de água mais próxima, D .

Devido à incerteza do ponto do Monumento mais desfavorável à entrada de água, o parâmetro D , foi considerado o ponto médio do Monumento em estudo, como indicado na Fig.3.6.

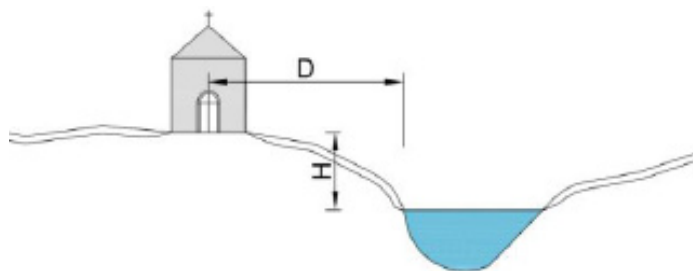


Fig.3.6 – Esquema de medição dos parâmetros considerados [32]

3.3.2. CLASSIFICAÇÕES DE RISCO

Para cada um dos critérios referidos em 3.3.1., atribuíram-se três níveis de classificação quanto à diferença de altura e distância, como se pode verificar nos Quadros 3.4 e 3.5.

Quadro 3.4 – Definição dos graus de risco em termos de distância em linha reta do Monumento à linha de água mais próxima (adaptado de [32])

Grau de Risco	D (m)
D1	$D > 150$
D2	$150 \geq D > 50$
D3	$D \leq 50$

Quadro 3.5 – Definição dos graus de risco em termos de diferença de altura entre o Monumento e a linha de água (adaptado de [32])

Grau de Risco	H (m)
H1	$H > 20$
H2	$20 \geq H > 5$
H3	$H \leq 5$

3.3.3. PONDERAÇÕES

Dos dois parâmetros acima mencionados, a diferença de altura, H, assume-se como mais relevante, estando patente a preocupação com o leito do rio e a possibilidade de alcançar o interior do edifício. Tal assume ainda mais preponderância, se não existirem obstáculos, ao nível do relevo, potenciando o acesso das águas que avançam o leito dos rios, em situações de cheia.

Por outro lado, a distância H, assume uma menor importância, visto que uma pequena distância dificilmente será afetada por uma enchente quando há uma diferença de altura significativa.

Assim, ao parâmetro D está associada uma ponderação de 25% e uma ponderação de 75% ao parâmetro H.

Não obstante o contributo de outras características que podem influenciar a análise do risco de cheia, nesta abordagem simplificada, assumem-se com menor grau de importância. Contudo, devido aos refinamentos a que o modelo vai sendo sujeito, resultante da sua aplicação, esperam-se algumas melhorias, que podem, eventualmente, passar pela consideração de novos critérios.

3.3.4. GRAUS DE RISCO

Os quatro graus de risco de inundação estão classificados como baixo, moderado, médio e alto risco e foram associados a cores diferentes e podem representar cada Monumento num mapa de cartografia de risco (Quadro 3.6).

A seguinte equação foi utilizada para calcular o grau de risco [32]:

$$Risco = 0,75H + 0,25D \quad (3.1)$$

Quadro 3.6 – Grau de Risco do Monumento (adaptado de [32])

Grau de Risco	Intervalo	Risco	Cor
1	< 1,5	Baixo	Verde
2	≥ 1,5 e < 2,5	Moderado	Amarelo
3	2,5	Médio	Laranja
4	> 2,5	Elevado	Vermelho

A classificação do Monumento quanto ao nível de risco de cheia, permite extrair indicações sobre a necessidade de aplicar medidas preventivas.

3.3.5. CARTAS DE RISCO

Através de uma análise dos resultados é possível verificar que, no distrito do Porto, aproximadamente 25% dos Monumentos analisados estão classificados com risco médio ou elevado de cheia, e os restantes 75% classificados com risco baixo ou moderado.

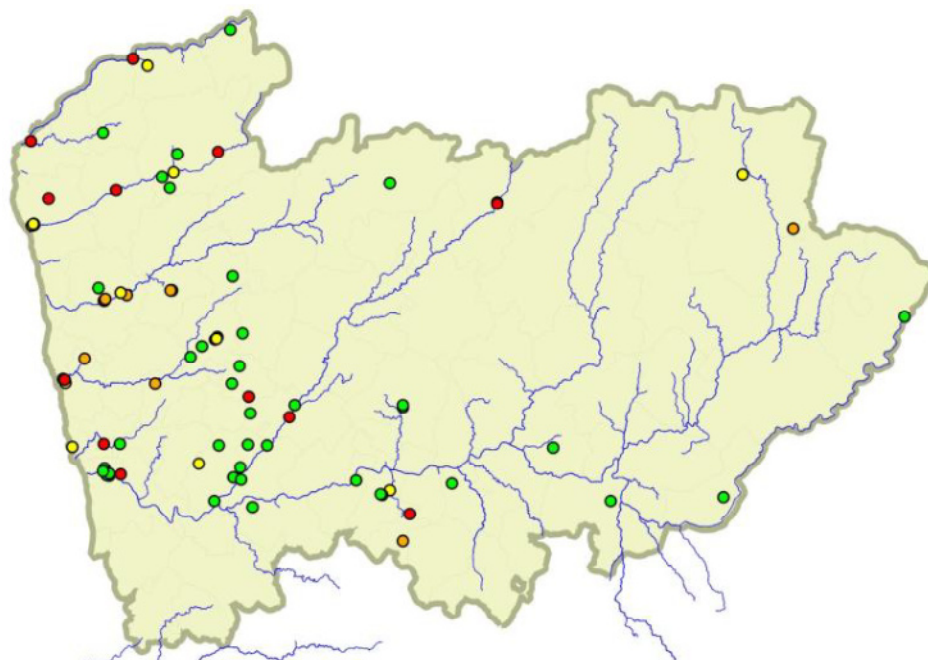


Fig.3.7 – Mapa de Risco dos Monumentos Nacionais selecionados no Norte de Portugal [32]

3.4. MODELO MULTICRITÉRIO

Este modelo de risco foi desenvolvido no âmbito de uma dissertação de mestrado, com a finalidade da elaboração de cartas de risco de cheia para Portugal Continental, mas que, por outro lado, tenha um âmbito de aplicação genérico, potenciando a sua aplicabilidade a qualquer localização fora do país [5].

Para este estudo, apenas foram contemplados os Monumentos que são considerados um espaço fechado e, desta forma, passíveis de serem habitados uma vez que por, na ocorrência de uma cheia, existe uma maior dificuldade na extração de água e na posterior secagem dos elementos construtivos. A contínua exposição destes espaços fechados, nestas condições, é nefasta à presença humana. Por outro lado, a presença de humidade potencia o aparecimento de fungos, o que além de causar problemas de saúde e salubridade, reduz a resistência mecânica dos materiais constituintes da estrutura. Daí que tenham sido eliminados Monumentos como pelourinhos, pontes, muralhas ou aquedutos [5].

Para se efetuar uma análise com maior detalhe, foram ainda eliminados da amostra todos os castelos e fortificações nos quais não foi identificada atividade a decorrer presentemente. Também foram eliminados todos os edifícios em mau estado de conservação, em ruína ou devolutos [5].

Definida a amostra dos Monumentos selecionados a estudar, recorrendo aos inventários do SIPA [33] e do IGESPAR [35], sobre cada edifício, foi elaborado um catálogo constituído pelas fichas descritivas dos diversos monumentos. Em cada ficha está patente a seguinte informação [5]:

- Nome;
- Fotografia;
- Utilização atual;
- Data de construção;
- Localização geográfica;
- Plantas, alçados e cortes;
- Breve descrição histórica e artística,
- Materiais utilizados.

No final da ficha, é ainda apresentado o respetivo grau de risco de cheia do Monumento, que resultou da aplicação do modelo desenvolvido.

Com objetivo de efetuar uma análise espacial mais eficiente nos campos de acesso e gestão de mapas em formato digital, foi utilizado o *software* QGIS. Este programa permite a geração de mapas com diversas camadas utilizando diferentes projeções cartográficas. Pode-se, então, através da introdução de pares coordenados X e Y, criar mapas constituídos por camadas vetoriais. É ainda possível criar camadas *raster* que funcionam como imagens. Através da sobreposição destas camadas, podem-se medir distâncias, diferenças de altura, bem como ter a perceção da localização dos Monumentos selecionados, sendo estas funcionalidades bastante pertinentes na realização deste estudo. A sobreposição das camadas vetoriais de coordenadas, correspondentes aos Monumentos em análise, e das imagens via satélite do Google Maps, permitiu a confirmação e ajuste das coordenadas recolhidas [5].

Os fatores de risco considerados como mais relevantes no desenvolvimento deste modelo são:

- A proximidade às linhas de água medida na horizontal – D_{LA} ;
- A proximidade às linhas de água medida na vertical - Δh ;
- O tipo de linha de água – LA;
- Os materiais constituintes do Monumento – A (coeficiente de absorção da água) e ΔL_H (expansão hídrica).

A elaboração das cartas de risco de cheia para Portugal Continental possibilita uma fácil identificação do Património edificado com maior probabilidade de ocorrência de cheias, podendo-se desenvolver e implantar medidas mitigadoras.

3.4.1. FATORES DE RISCO

A metodologia de escolha dos fatores de risco foi mais alargada quando comparada com a utilizada nos modelos anteriores

Além de se considerarem as distâncias vertical (Δh) e horizontal dos Monumentos às linhas de água (D_{LA}), foram também contemplados o tipo de linha de água (LA) e as características dos materiais de construção utilizados (coeficiente de absorção de água, A) [5]. Foram ainda contemplados fatores secundários, que devido à sua pertinência neste estudo, foram incluídos. Os fatores secundários considerados são: a presença de obstáculos (Ob), que está relacionado com obstáculos da própria geomorfologia do terreno existente entre o Monumento e o curso de água; existência de pisos enterrados (PE); localização do Monumento face ao desenvolvimento do curso de água (Q) e a expansão hídrica (ΔL_H) [5].

3.4.2. CLASSIFICAÇÕES DE RISCO

A seleção dos fatores de risco e os respetivos critérios de classificação têm como objetivo a formulação de um modelo que possibilite o cálculo e análise de risco de cheia a que um determinado Monumento está exposto.

Como foi referido em 3.4.1, os parâmetros considerados no cálculo do risco de cheia dividem-se em fatores principais e secundários. Os primeiros assumem o valor de 1; 1,5 ou 2, dependendo do grau de influência de cada fator de risco de cheia. Já os segundos operam como fatores de minoração ou majoração do valor atribuído ao fator principal ao qual estão associados, pelo que se multiplicam pelo fator principal respetivo, como se pode observar na fórmula de cálculo seguinte [5]:

$$RC = \frac{D_{LA} + \Delta h \times PE \times Ob + LA \times Q + A \times \Delta L_H}{4} \quad (3.2)$$

3.4.2.1. Distância horizontal à linha de água - D_{LA}

A escolha dos critérios de classificação de risco deste fator, baseou-se na conjugação do histórico de marcas de cheias fluviais em Portugal Continental e o conhecimento do posicionamento territorial de alguns Monumentos.

A distância horizontal foi medida em linha reta desde o ponto central do Monumento até à linha separativa da margem do leito do curso de água mais próximo (Fig.3.6).

Obtiveram-se, então, os valores apresentados no Quadro 3.7:

Quadro 3.7 – Classificação de risco do fator D_{LA} [5]

D_{LA} (m)	Classificação de risco
> 150	1
$50 < D_{LA} \leq 150$	1,5
≤ 50	2

3.4.2.2. Distância Vertical à linha de água - Δh

A escolha dos critérios de classificação das medições da distância vertical foi efetuada com base nos mesmos dois parâmetros da classificação da distância horizontal.

A análise altimétrica foi efetuada com base na diferença de altitude entre os mesmos dois pontos utilizados para a medição da distância horizontal (Fig.3.6).

Quadro 3.8 – Classificação de risco do fator Δh [5]

Δh (m)	Classificação de risco
> 20	1
$5 < \Delta h \leq 20$	1,5
≤ 5	2

3.4.2.3. Presença de obstáculos – Ob

É considerado como um obstáculo a própria geomorfologia do terreno existente entre o Monumento e o curso de água e não obstáculos resultantes da ocupação do solo pelo Homem.

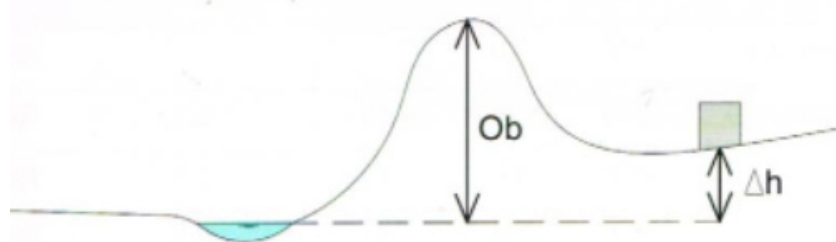


Fig.3.8 – Existência de um obstáculo entre o Monumento e a linha de água

Em resposta a esta questão, foi introduzido, no modelo, o fator secundário Ob com o objetivo de minorar a classificação de risco atribuída à distância vertical. A seleção da classificação de risco a atribuir ao fator secundário Ob é efetuada em função da altura do obstáculo (Fig.3.8), podendo assumir um dos valores apresentados no Quadro 3.9.

Quadro 3.9 – Classificação de risco do fator secundário Ob [5]

Obstáculo	Classificação de risco
Sim	[0,1 – 0,5]
Não	1

3.4.2.4. Existência de pisos enterrados – PE

A informação sobre a existência de pisos enterrados nos Monumentos do Património Nacional não está disponível nas fontes que foram consultadas na realização deste estudo. No entanto, há a sugestão da inclusão de um fator secundário de majoração à classificação de risco do fator Δh , dada a sua preponderância na correta avaliação do risco. Os valores propostos para a classificação apresentam-se no Quadro 3.10.

Quadro 3.10 – Classificação de risco do fator secundário PE [5]

Pisos Enterrados	Classificação de risco
Sim	1,2
Não	1

3.4.2.5. Tipo de linha de água – LA

O tipo de linha de água influencia a probabilidade de ocorrência de cheia, bem como o tipo de cheia a que essa linha está sujeita. O conhecimento da ordem correspondente a cada curso de água possibilita a extração de informações que vão desde as características associadas ao caudal, área da bacia e largura do leito, mas também ter noção do risco de cheia, pois a probabilidade de risco de cheia de aumenta inversamente ao aumento do rácio de bifurcação de uma bacia hidrográfica. Atendendo a esse facto, foi criada uma ordem de classificação das linhas de água com base na classificação decimal dos rios, de forma a hierarquizar a sua importância em função das suas dimensões. A ordem varia entre 1 e 6. Sendo que o 1 corresponde aos cursos de água de maiores dimensões e vai decrescendo até à ordem 6. Esta ordem é definida através do nível de subdivisão dos cursos de água, ou seja, aos rios principais é atribuída ordem 1, aos afluentes ordem 2, aos subafluentes ordem 3 e assim sucessivamente até à ordem 6, como se observa na Fig.3.9.



Fig.3.9 – Esquema da subdivisão dos cursos de água

No Quadro 3.11, apresenta-se a classificação de risco em função do tipo de linha de água.

Quadro 3.11 – Classificação de risco do fator LA [5]

LA	Classificação de risco
Tipo 4,5 e 6	1
Tipo 3	1,5
Tipo 1 e 2	2

3.4.2.6. Localização do Monumento face ao desenvolvimento do curso de água – Q

Os cursos de água apresentam variações de caudal ao longo do seu desenvolvimento e isso tem influência na possibilidade de ocorrência de cheia.

Os Monumentos localizados na proximidade do fim do curso de água têm maior risco de cheia, pois, nessa secção, o caudal é mais variável devido à morfologia fluvial dos cursos de água. Desta forma, neste estudo, os cursos de água foram divididos em três tipos, no início, meio e fim no sentido da corrente, como representado na Fig.3.10.

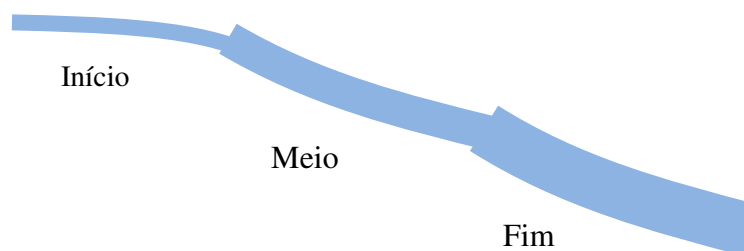


Fig.3.10 – Esquema representativo da divisão dos cursos de água em três tipos

Este fator secundário, Q, majora o risco em 20% nos casos em que o Monumento se encontra localizado no fim do curso de água (Quadro 3.12).

Quadro 3.12 – Classificação de risco do fator secundário Q [5]

Q	Classificação de risco
Início	1
Meio	1
Fim	1,2

3.4.2.7. Coeficiente de absorção de água – A

Como fator de risco principal associado aos materiais, foi considerado o coeficiente de absorção de água, A. Para cada Monumento foi admitido o cenário mais gravoso, ou seja, que a água atingiu o material estrutural com maior capacidade de absorção de água, sem efetuar a distinção entre materiais pertencentes a paredes e pavimentos.

A norma alemã DIN 4108-4 [36], estabelece que os materiais de construção podem ser classificados em quatro categorias, em função do seu coeficiente de absorção de água. No Quadro 3.13, apresenta-se a classificação de risco proposta com base na aplicação dessa norma.

Quadro 3.13 – Classificação de risco do fator A [5]

A		Classificação de risco	Classificação de risco do fator de risco A
(Kg/m ² h ^{1/2})	(Kg/m ² s ^{1/2})		
> 2,0	> 0,0333	Sucção rápida	2
< 2,0	< 0,0333	Preventivo contra a água	1
< 0,5	< 0,0083	Quase impermeável	1
> 0,001	> 0,000017	Impermeável	1

3.4.2.8. Expansão hídrica - ΔL_H

Os ciclos de expansão/ retração dos materiais provocados pela absorção de água fazem com que algumas das propriedades destes materiais se alterem e, conseqüentemente, fiquem deteriorados e percam capacidades mecânicas. Daqui surgiu a necessidade de introduzir um fator secundário que relacione a classificação de risco associada à absorção de água com a possível expansão que pode advir dessa mesma absorção.

A classificação de risco deste fator foi atribuída com base em experiências no âmbito da degradação de pedras utilizadas na construção, realizadas por vários autores citados em [20]. O Quadro 3.14 apresenta a proposta de classificação de risco.

Quadro 3.14 – Classificação de risco do fator secundário ΔL_H

ΔL_H (mm/m)	Classificação de risco	Classificação de risco ΔL_H
> 1	Muito sensível	1,5
$0,5 < \Delta L_H \leq 1$	Moderadamente sensível	1,2
$\leq 0,5$	Não sensível	1

3.4.3. PONDERAÇÕES

Nem todos os fatores de risco têm a mesma relevância, sendo fulcral a atribuição de ponderações aos fatores acima mencionados. Tal como nos modelos apresentados anteriormente, as ponderações foram atribuídas tendo por base o grau de importância que à partida os fatores considerados devem expressar, carecendo de uma validação, sendo importante efetuar um estudo mais específico onde se ajustam e otimizam estas ponderações.

Seguindo a linha de pensamento dos dois modelos apresentados anteriormente, a distância vertical entre o Monumento e a linha de água é a que apresenta uma maior ponderação, correspondendo um peso de 60%. Para a distância horizontal em linha reta uma ponderação de 20%, seguindo-se uma

ponderação de 10% tanto para o tipo de linha de água como para os materiais constituintes do Monumento [5].

De seguida, apresenta-se a formulação ponderada final que permite uma avaliação quantitativa do risco de cheia [5]:





$$RC = 0,2D_{LA} + 0,6\Delta h \times PE \times Ob + 0,1LA \times Q + 0,1A \times \Delta L_H \quad (3.3)$$

3.4.4. GRAUS DE RISCO

O resultado, por ser em forma numérica, não permite uma identificação expedita do risco do Monumento em estudo. Para correlacionar esse resultado com uma classificação qualitativa, este modelo propõe uma divisão em quatro categorias, associados a um intervalo numérico e a uma cor, como apresentado no Quadro 3.15.

Para avaliar o grau de risco ao qual cada Monumento está exposto, apresenta-se uma escala com quatro categorias de risco: risco baixo, médio, elevado e muito elevado [5].

Quadro 3.15 – Grau de Risco de Cheia do Monumento [5]

Grau de Risco	RC	Risco	Cor
1	$RC \leq 1,25$	Baixo	
2	$1,25 < RC < 1,75$	Médio	
3	$1,75 \leq RC < 2$	Elevado	
4	$RC \geq 2$	Muito Elevado	

3.4.4. CARTAS DE RISCO

Efetuada uma análise da carta de risco Nacional apresentada na Fig.3.11, conclui-se que cerca de 62% dos Monumentos selecionados apresenta risco baixo, sendo que o fator que maior influência tem nessa classificação é a localização destes relativamente aos cursos de água. Nos restantes 38% estão os Monumentos com risco médio, elevado e muito elevado, sendo que o risco médio apresenta maior relevância nesta percentagem.

Comparando em termos percentuais as classificações de risco por região (Norte, Centro e Sul) à distribuição do risco no território Continental não se verificam diferenças significativas, sendo que ao nível do risco médio a elevado, as regiões Norte e Centro apresentam valores superiores aos da totalidade do território Continental.

Os edifícios localizados nos distritos de Aveiro, Leiria e Faro apresentam uma maior probabilidade para a ocorrência de cheias, pois o número de ocorrências com risco médio a elevado é superior ao dos restantes distritos. Contudo, a avaliação do risco deve ser elaborada de forma individual, para que as medidas preventivas sejam as mais adequadas possíveis.

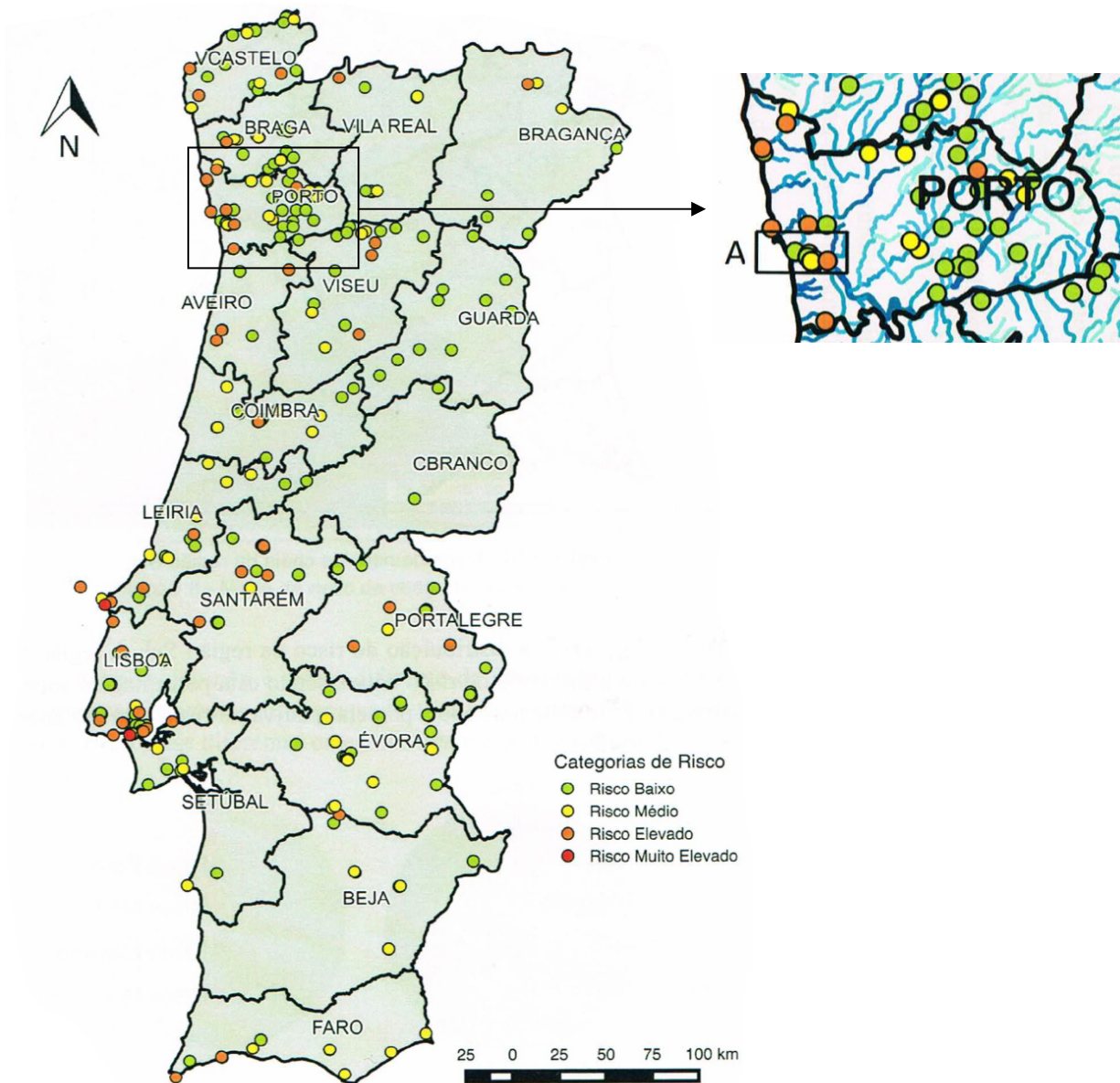


Fig.3.11 – Carta de risco de Cheia Nacional (adaptado de [5])

3.5. COMPARAÇÃO DOS MODELOS APRESENTADOS PARA OS MONUMENTOS SELECIONADOS

Com uma amostra de 27 Monumentos selecionados do distrito do Porto, aplicou-se cada um dos modelos apresentados, respeitando os seus pesos, ponderações e critérios, por forma a obter uma análise comparativa.

Todos os modelos possuem quatro níveis de risco, no entanto, têm por base uma classificação de risco que difere tanto ao nível dos intervalos de classificação, bem como na designação de classificação qualitativa. Tal dificulta a correlação dos resultados, contudo, a comparação será efetuada qualitativamente, estabelecendo-se, portanto, uma correlação entre a classificação dos mesmos graus

de risco (1,2,3 e 4), nos diferentes modelos. Desta forma, os modelos apresentam diferentes graus de sensibilidade para o mesmo nível de risco, como se observa no Quadro 3.16.

O Modelo Bi-Critério 1 apresenta uma diferenciação entre o nível muito baixo e o baixo. Por outro lado, o Modelo Multicritério distingue o nível de risco elevado do muito elevado. O Modelo Bi-Critério 2 separa o nível de risco moderado do médio. Assim, através desta análise da atribuição de uma designação qualitativa aos diversos níveis de risco, verifica-se uma diferenciação entre os vários modelos (Quadro 3.16).

Quadro 3.16 – Níveis de Risco dos três modelos apresentados

Nível de Risco	Modelo Bi-Critério 1	Modelo Bi-Critério 2	Modelo Multicritério
1	Muito Baixo	Baixo	Baixo
2	Baixo	Moderado	Moderado
3	Moderado	Médio	Elevado
4	Elevado	Elevado	Muito Elevado

Numa análise comparativa entre os dois modelos simplificados, MB-C1 e MB-C2, observa-se uma divergência qualitativa e quantitativa na classificação do nível de risco. Para facilitar a análise colocam-se os níveis muito baixo e baixo no grupo de risco reduzido, os níveis moderado e médio no grupo de risco moderado e os níveis elevado e muito elevado no grupo elevado.

Quadro 3.17 – Número de Monumentos em cada Grupo de Risco para cada modelo de risco, aplicado aos 27 Monumentos selecionados do distrito do Porto

Grupo de Risco	Modelo Bi-Critério 1	Modelo Bi-Critério 2	Modelo Multicritério
Reduzido	18	12	14
Moderado	8	11	6
Elevado	1	4	7

Pela análise do Quando 3.17, verifica-se que a maior parte dos Monumentos enquadra-se no grupo de risco reduzido relativamente ao fenómeno de cheia. Contudo, há diferenças significativas na distribuição, entre os três modelos, dos Monumentos pelos diferentes grupos de risco. Tal deve-se ao facto do ênfase atribuído por cada um dos modelos a determinados parâmetros, pesos e ponderações de critérios.

Atendendo ao facto do MB-C1 fazer a distinção entre o nível muito baixo e baixo (níveis 1 e 2, respetivamente), seria de esperar que fosse neste grupo que se concentrasse a maior parte dos Monumentos, pois é o modelo que apresenta os intervalos menos espaçados relativamente aos critérios adotados. Para uma distância em linha horizontal entre o Monumento e a linha de água mais próxima superior a 20 metros e uma diferença de altura entre o Monumento e a linha de água superior a 5 metros, o grau de risco de cheia já é avaliado como baixo. Portanto, pelo que não foi surpreendente que apenas um dos 27 edifícios selecionados esteja inserido no grupo de risco elevado.

O MB-C2 apresenta, relativamente ao MB-C1, uma redução de seis Monumentos no grupo de risco reduzido, sendo redistribuídos pelos outros grupos, havendo o acréscimo de três Monumentos nos grupos de risco moderado elevado. Como já foi mencionado, este modelo distingue o nível de risco moderado do nível de risco médio, sugerindo uma maior concentração neste grupo de risco moderado. Tal é reforçado pelos intervalos dos parâmetros deste modelo serem mais alargados do que no MB-C1, propiciando a existência de Monumentos nos níveis de risco mais elevados.

O Modelo Multicritério, MM, ao contrário dos outros dois modelos, é um modelo que compreende um vasto conjunto de critérios principais e secundários, que naturalmente influenciam os resultados de forma a agravar o nível de risco. A existência de uma maior variabilidade de parâmetros evidencia as potenciais fragilidades dos Monumentos. Daí compreender-se que, neste modelo, esteja estabelecida a distinção entre o nível elevado e muito elevado de risco de cheia (níveis 3 e 4, respetivamente). Comparativamente aos modelos simplificados apresentados, neste modelo há uma diminuição de quatro Monumentos e seis Monumentos, no grupo de risco reduzido, no MB-C1 e MB-C2, respetivamente. A par dessa redução, há também uma diminuição de Monumentos no grau de risco moderado. Como esperado, houve, então, um aumento significativo de Monumentos no grupo de risco elevado, passando este grupo a exibir mais Monumentos do que o grupo de risco moderado.

3.6. SÍNTESE DO CAPÍTULO

Nos Quadros 3.18, 3.19 e 3.20, sintetizam-se informações relativas a cada um dos modelos de risco de cheia apresentados neste capítulo.

Para os Monumentos selecionados na área do distrito do Porto, o Modelo Multicritério é o que apresenta uma maior quantidade de Monumentos na categoria de risco elevado. Por outro lado, o Modelo Bi-Critério 1 é o que classifica mais Monumentos com nível de risco reduzido.

Quadro 3.18 – Quadro síntese do Modelo Bi-Critério 1

Diferença de Altura (m)		Distância (m)	
1	$H > 10$	1	$D > 40$
2	$10 \geq H > 5$	2	$40 \geq D > 20$
3	$5 \geq H > 2$	3	$20 \geq D > 10$
4	$H \leq 2$	4	$D \leq 1$
75 %		25 %	
$Risco = 0,75H + 0,25D$			
CATEGORIAS DE RISCO:		Risco Muito Baixo	1
		Risco Baixo	2
		Risco Moderado	3
		Risco Elevado	4

Quadro 3.19 – Quadro síntese do Modelo Bi-Critério 2

Diferença de Altura (m)		Distância (m)	
H1	$H > 20$	D1	$D > 150$
H2	$20 \geq H > 5$	D2	$150 \geq D > 50$
H3	$H \leq 5$	D3	$D \leq 50$
75 %		25 %	
$Risco = 0,75H + 0,25D$			
CATEGORIAS DE RISCO:		Risco Baixo $RC < 1,5$	
		Risco Moderado $1,5 \leq RC < 2,5$	
		Risco Médio $RC = 2,5$	
		Risco Elevado $RC > 2,5$	

3.20 – Quadro síntese do Modelo Multicritério

Fatores Principais de Risco	Critério de Classificação de Risco		Fator Secundário Associado	Critério de Classificação de Risco		Ponderação
Distância horizontal à linha de água – D _{LA} (m)	1	D _{LA} > 150	-	-		20%
	1,5	50 < D _{LA} ≤ 150				
	2	D _{LA} ≤ 50				
Distância vertical à linha de água - Δh (m)	1	Δh >20	Presença de um obstáculo - Ob	[0,1 – 0,5]	Sim	60%
	1,5	5 < Δh ≤ 20		1	Não	
	2	Δh ≤ 5	Existência de pisos enterrados - PE	1,2	Sim	
				1	Não	
Tipo de Linha de água - LA	1	Tipo 4, 5 e 6	Localização face ao desenvolvimento da linha de água - Q	1	Início	10%
	1,5	Tipo 3		1	Meio	
	2	Tipo 1 e 2		2	Fim	
Coeficiente de absorção de água – A (kg/m ² s ^{1/2})	1 < 0,0333 2 > 0,0333	Expansão hídrica - ΔL _H (mm/m)	1	ΔL _H ≤ 1		10%
			1,5	0,5 < ΔL _H ≤ 1		
			2	ΔL _H > 1		
$RC = 0,2D_{LA} + 0,6\Delta h \times PE \times Ob + 0,1LA \times Q + 0,1A \times \Delta L_H$						

CATEGORIAS DE RISCO:	Risco Baixo $RC < 1,25$
	Risco Médio $1,25 \leq RC < 1,75$
	Risco Elevado $1,75 \leq RC < 2$
	Risco Muito Elevado $RC \geq 2$

Aplicou-se os três modelos apresentados à amostra de 27 Monumentos selecionados, usando-se os dados recolhidos em [5]. Visto que os três modelos apresentam designações distintas para as classificações de risco, criaram-se três grupos de risco (risco reduzido, risco moderado e risco elevado).

Analisando os resultados obtidos, observa-se o seguinte:

- Aplicando o Modelo Bi-Critério 1, há quase 70% dos Monumentos no grupo de risco reduzido e apresenta apenas 1 Monumento no grupo de risco elevado;
- Aplicando o Modelo Bi-Critério 2, a concentração de Monumentos nos grupos de risco reduzido e moderado é semelhante. Há 12 Monumentos no grupo de risco reduzido e 11 no grupo de risco moderado;
- Aplicando o Modelo Multicritério, a concentração de Monumentos nos grupos de risco moderado e elevado é semelhante. Há 7 Monumentos no grupo de risco elevado e 6 no grupo de risco moderado. O grupo de risco elevado apresenta uma maior expressividade, quando comparado às classificações obtidas pelos outros dois modelos, para o mesmo grupo.

4

APLICAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO MULTICRITÉRIO DE ANÁLISE DE RISCO DE CHEIA EM EDIFÍCIOS MONUMENTAIS DO GRANDE PORTO

4.1. INTRODUÇÃO

O modelo de risco de cheia apresentado em [5] tem como objetivo a elaboração de cartas de risco de cheia que aliam à probabilidade e intensidade de ocorrência deste fenómeno ao nível de vulnerabilidade dos elementos adjacentes. Há, assim, um grande foco na vulnerabilidade que os Monumentos apresentam relativamente a este fenómeno, sendo a classificação de risco de cheia um indicador que serve de base para o desenvolvimento de medidas que possam diminuir ou até mesmo mitigar os danos durante a ocorrência de uma cheia.

Neste capítulo, procede-se à aplicação do modelo de risco de cheia desenvolvido em [5], à amostra de Monumentos selecionados do distrito do Porto, atendendo a uma análise mais detalhada dos mesmos. Para tal, recorreu-se a bibliografia auxiliada de observações realizadas no local, que permitem a recolha visual, fotográfica e a obtenção de dados pertinentes através da conversação com pessoas associadas aos Monumentos.

Com esses dados, verificar-se-á até que ponto uma aplicação do modelo com dados mais detalhados influencia o seu resultado e se este está em concordância com o histórico de cheias ocorridas nas edificações em análise, o que permitirá ajustar e otimizar o modelo.

4.2. DADOS DE ENTRADA

O modelo multicritério recorre a uma variabilidade de fatores principais e secundários com o objetivo do resultado ser o mais verossímil possível. Nesse sentido, houve uma pesquisa mais detalhada dos dados de entrada para avaliar de que forma é que isso influencia os resultados.

4.2.1. LINHAS DE ÁGUA

As distâncias horizontal e vertical aos Monumentos constituem 80% da ponderação no cálculo do risco de cheia. Daí que a sua correta medição e escolha das linhas de água seja bastante importante.

Para ter uma noção das medições que tinham sido efetuadas para a formulação original do modelo, foram efetuadas novas medições, com o auxílio do *software* QGIS.

Verificou-se a não existência de disparidade de resultados relativamente aos previamente medidos, apenas as mesmas dificuldades que já tinham sido encontradas anteriormente que se prendem com as escalas utilizadas, o que faz com que as camadas não estejam exatamente na posição correta, o que induz a um erro, erro esse, que não introduz uma alteração, na fase de atribuição de uma classificação de risco dos fatores D_{LA} e Δh , digna de necessitar de revisão.

No entanto, assinalam-se os casos em que se considerou que os resultados das medições não estavam em consonância com aquilo que se observa no lugar.

No Mosteiro de Santa Clara, em Vila do Conde, o facto de através das medição da diferença de altura entre a cota mais baixa do ponto médio do edifício e a linha de água mais próxima (Rio Ave), através do programa ser de zero metros (Fig.4.1), quando, na realidade, o Mosteiro encontra-se bastante acima, como se pode verificar na Fig.4.2.

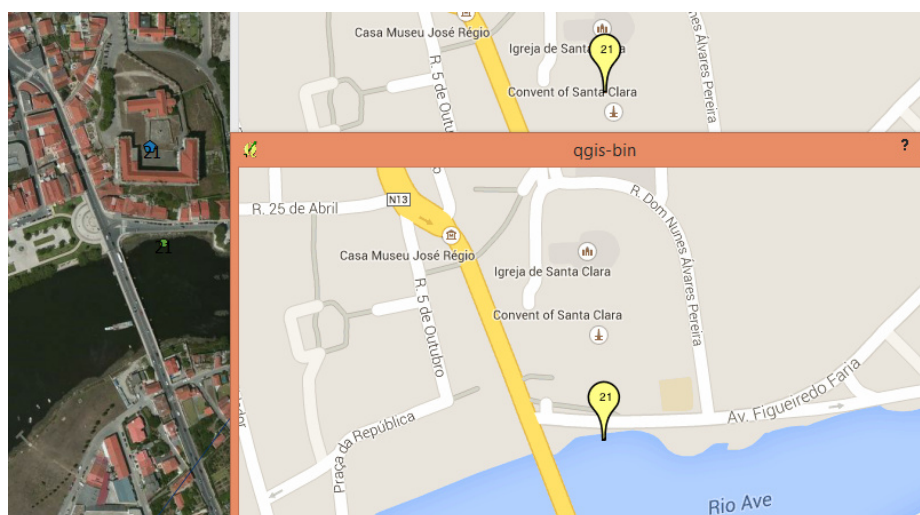


Fig.4.1 – Resultado da medição entre a diferença de altura entre o Mosteiro de Santa Clara e o Rio Ave, através da utilização do QGIS

Através de uma observação visual, a real distância deve estar na ordem dos 20 metros, o que leva a uma redução do grau de risco de cheia do Monumento, passando de risco elevado para risco baixo.



Fig.4.2 – Visualização da diferença de altura entre o Mosteiro de Santa Clara, em Vila do Conde, em relação ao rio Ave

Outro caso é o Mosteiro de São Bento (Fig.4.3), em Santo Tirso, onde se verifica, presencialmente, que não está ao mesmo nível do rio Ave, ao contrário das medições obtidas no QGIS. Estima-se que a diferença de altura está compreendida entre os 12 e os 15 metros

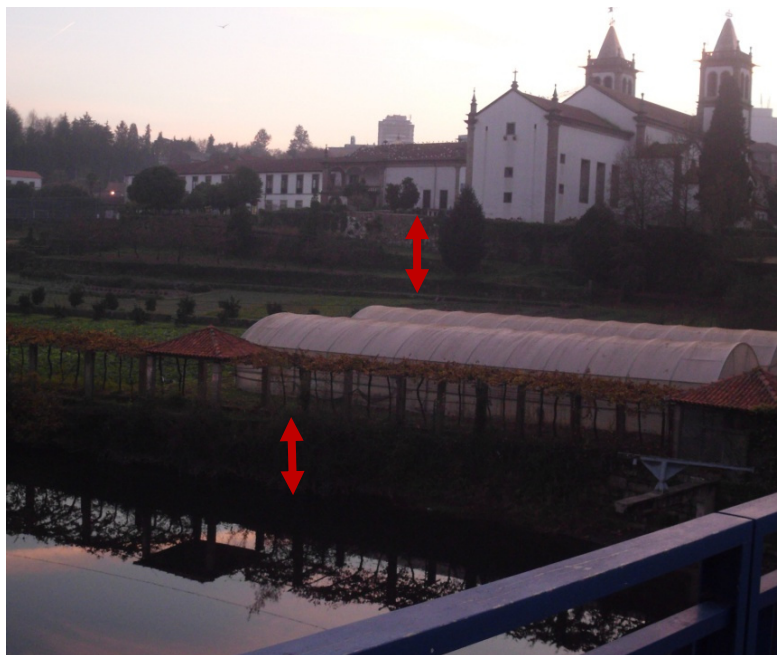


Fig.4.3 – Visualização da diferença de altura entre o Mosteiro de São Bento, em Santo Tirso, em relação ao rio Ave

O Palácio do Freixo, à semelhança dos casos anteriores, também não apresenta uma diferença de altura relativamente ao rio Douro de zero metros. Como se pode verificar através da Fig.4.4, existe um muro nas traseiras do Palácio, pelo qual se pode observar o rio e ter uma perceção da diferença de altura do edifício ao rio, que se estima na ordem dos 10 metros.



Fig.4.4 – Visualização da diferença de altura entre o Palácio do Freixo, em Campanhã, em relação ao rio Douro

Por estes casos, podem tirar-se ilações sobre a subjetividade dos dados medidos através do *software*. No entanto, os casos em que se considerarem de valores de Δh mais baixos do que aqueles que se verificam na realidade, vão influenciar mais os Monumentos se localizam nas proximidades de cursos de água. Por esse motivo, e pela impossibilidade de obtenção de medições mais exatas para os casos onde não é possível obter uma perceção da diferença de altura entre o Monumento e a linha de água, por se localizar afastada deste, consideram-se os valores obtidos através das medições efetuadas no QGIS.

Relativamente às distâncias dos Monumentos, em linha reta, às linhas de água, constata-se as dificuldades já identificadas em [5], que se prendem essencialmente com o desfasamento da posição dos cursos de água, fornecida pelas camadas vetoriais, relativamente às imagens satélite do Google Maps. As imagens via satélite foram registadas num determinado momento de um ano, podendo o nível das águas encontrar-se diferente aquando a realização das medições, introduzindo erros nas mesmas, principalmente quando são cursos de água que apresentam uma grande variação do nível de água ao longo do ano. Os cursos de água intermitentes ou efémeros têm um escoamento inconstante, não apresentando escoamento em determinados períodos do ano. Por esse motivo, optou-se por realizar, nestes casos, as medições relativamente às camadas vetoriais, estando assim sujeitos a pequenos erros de escala. Como não se consegue obter medições mais exatas do que aquelas registadas em [5], consideram-se também esses valores na aplicação do modelo aos Monumentos selecionados.

Contudo, salientam-se duas exceções, o Igreja de São Pedro de Ferreira e o Mosteiro de Paço de Sousa. Durante a visita a estes dois Monumentos, observou-se na sua proximidade linhas de águas distintas daquelas que tinham sido consideradas em [5].

No caso do Igreja de São Pedro de Ferreira, em Paços de Ferreira, passa, ao lado deste, um pequeno escoamento de água que depois segue subterrâneo, como se observa na Fig.4.5.



Fig.4.5 – Proximidade de linha de água à Igreja de São Pedro de Ferreira, em Paços de Ferreira

Apesar de não ter as dimensões e caudal passível de ser comparado com o rio Ferreira, considera-se que tem uma influência superior tanto ao nível de fenómenos como a humidade ascensional ou até mesmo de cheia, em casos de precipitação extrema, quando comparado com o rio Ferreira que se localiza a mais de 1850 m de distância desta Igreja.

No Mosteiro de Paço de Sousa, em Penafiel, também se verifica a passagem do ribeiro de Gamuz à frente do mesmo, numa zona arborizada, com algumas árvores centenárias, sendo o ribeiro atravessado por duas pontes, como se observa na Fig.4.6.

Pelas razões referidas anteriormente, também se considera este ribeiro com maior influência, devido à sua proximidade ao Mosteiro. Apesar da provável inconstância do escoamento deste curso de água, em situações de precipitação extrema, terá uma maior probabilidade de atingir o edifício do que o rio Sousa, que se localiza a mais de 500 metros de distância (Fig.4.7).



Fig.4.6 – Proximidade do ribeiro de Gamuz ao Mosteiro de Paço de Sousa, em Penafiel



Fig.4.7 – Distância de 500 metros entre o Mosteiro e o rio Sousa medida através do QGIS

4.2.2. MATERIAIS

Uma vez que se analisa sobretudo o risco de cheia a que os Monumentos estão sujeitos e não tanto na especificação pormenorizada ao nível dos materiais e das suas características, existe uma margem de erro que pode ser considerável ao atribuírem-se valores que constam da tabela elaborada em [5], que compila vários valores que foram recolhidos da literatura relacionada com o tema. Assim, para uma

aplicação realmente rigorosa do modelo, deve proceder-se a uma inventariação detalhada dos materiais integrantes na edificação e, se for o caso, fazer a recolha de amostras, que tem interesse principalmente ao nível dos granitos e das argamassas. Deste modo, seria, então, possível experimentalmente obter os reais valores dos coeficientes de absorção dos materiais.

Refira-se, ainda, o facto de para cada material e dependendo do autor e das condições da realização dos ensaios e, portanto, da sua qualidade, existir uma variabilidade significativa de valores para o mesmo material. Na tentativa de atribuir um valor sensato, utiliza-se um valor médio de A , excluindo-se os valores atípicos.

No caso dos granitos, estes apresentam valores bastante díspares no que concerne ao valor de A . Os granitos não meteorizados apresentam valores significativamente mais baixos quando comparados aos meteorizados. Isso deve-se, essencialmente, ao aumento de porosidade inerente ao grau de meteorização, que por sua vez aumenta o coeficiente de absorção [21].

No que diz respeito às argamassas, maioritariamente utilizadas para o embasamento das juntas que na maioria dos Monumentos estudados, devido à data de construção, são fundamentalmente argamassas tradicionais à base de cal. Contudo, no contexto da reabilitação do Património edificado verifica-se a utilização do cimento Portland, que confere às argamassas resistências mecânicas mais elevadas que, aliadas a um baixo tempo de presa, permite realizar trabalhos em prazos relativamente mais reduzidos.

Durante a visita e análise visual dos materiais foi possível constatar a presença simultânea de juntas de argamassa de cal e juntas de argamassa de cimento, como é visível na Fig.4.8.



Fig.4.8 – Utilização simultânea de argamassas de cal (à esq.) e argamassas de cimento (à dir.), no preenchimento das juntas na Igreja da Azurara, em Vila do Conde.

No modelo, utilizou-se tanto para o coeficiente de absorção de água como para a expansão hídrica, o maior valor de entre os materiais constituintes. No entanto, a listagem dos materiais foi efetuada com base nos registos disponíveis no SIPA, que carecem de alguma pormenorização para alguns dos Monumentos alvos de estudo.

Como foi referido anteriormente, a grande parte dos Monumentos é em alvenaria de pedra, apresentando juntas para a ligação dos blocos. Este é um fator relevante, no sentido em que é na ligação entre a argamassa e os blocos de pedra que se encontram algumas patologias e também por o coeficiente de absorção de água das argamassas normalmente ser superior ao do granito comum.

Com a visita dos Monumentos, foi possível recolher algumas informações visuais sobre os materiais que compõem as edificações em análise e acrescentar alguns materiais à lista de materiais que tinha sido utilizada na primeira formulação do modelo.

Por défice de informação, nessa primeira formulação do modelo foi muitas vezes utilizado o coeficiente de absorção de água do granito de $0,012 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}^{1/2}$ [37] que de acordo com a classificação de risco do fator A, é considerado “Preventivo contra a água”, tendo o peso de “1” na substituição na fórmula de cálculo do risco de cheia, não interferindo no agravamento do resultado deste.

Considerando a combinação das argamassas no preenchimento das juntas, o valor altera-se. Como se pode observar no Quadro 4.1, as argamassas encontram-se num espectro de valores superiores a $0,033 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}^{1/2}$, correspondendo a uma classificação de risco do fator de risco A de “sucção rápida”, tendo essa classificação o peso de “2” na substituição na fórmula de risco de cheia. Por isso, há um agravamento das classificações de risco dos Monumentos que possuem estas características, quando comparadas com as apresentadas em [5].

Quadro 4.1 – Valores do coeficiente de absorção de água, A, para as argamassas (adaptado de [5])

Material	Coeficiente de absorção – A ($\text{Kg/m}^2 \cdot \text{s}^{1/2}$)
Argamassa de cal	0,01-0,25
Argamassa	0,228
Argamassa	0,072-0,250

Observa-se um aumento com alguma expressão na classificação de risco de cheia dos Monumentos. Tal é compreensível visto que a ponderação atribuída ao coeficiente de absorção de água foi de 10%, acrescido do facto de haver uma variação significativa na atribuição dos pesos deste fator de risco. Verifica-se a passagem de 1 (material impermeável a preventivo contra a água) para 2 (material de sucção rápida), sendo um tanto ao quanto brusca, pois apesar de os materiais representarem um papel importante em como o fenómeno de cheia pode afetar o Monumento e definir a rapidez com que a água penetra nos materiais, permitindo a condução da água ao interior do edifício, podendo causar a sua inundação, a atribuição de um valor de 2 para materiais de sucção rápida, pode traduzir-se na atribuição de um risco de cheia exagerado para o Monumento.

O Quadro 4.2 apresenta alguns Monumentos antes e depois de se contabilizar o agravamento provocado pelo preenchimento das juntas com argamassa.

Quadro 4.2 – Classificação do risco de cheia antes e depois da contabilização do agravamento provocado pelo preenchimento das juntas com argamassa, para alguns Monumentos

Monumento	Materiais	Classificação de Risco sem juntas	Classificação de Risco com juntas
Casa do Infante	Granito, betão, madeira de castanho, cantaria e juntas de argamassa de cimento.	1,59	1,74
Igreja de São Pedro de Rates	Estrutura de granito. Tetos das naves em madeira e restantes tetos em abobada de granito. Juntas com argamassa de cal hidráulica e areia e argamassas de cimento e areia na impermeabilização. Silicone na consolidação da pedra.	1,70	1,75

Igreja Matriz de Vila do Conde	Estrutura de granito aparente; granito nos tetos, e em pavimentos; madeiras de carvalho e castanho nas estruturas dos telhados e no teto da nave, no coro, nos vãos de porta e janelas, pavimento interior, nos retábulos e no púlpito; azulejo no revestimento de algumas capelas; telha cerâmica nas coberturas; juntas de argamassa de cal hidráulica e de cimento no exterior e de argamassa de cimento no interior.	1,79	1,94
Mosteiro de Santo Tirso	Estrutura em alvenaria, rebocada e pintada; pilares, colunas, pavimentos e outros elementos em cantaria de granito; tetos em gesso e madeira; vãos, arcos, painéis e caixotões de tetos, caixilhos, portadas em madeira; vãos com vidro simples; azulejo figurativo; juntas em argamassa de cal.	1,45	1,60

A título exemplificativo, com a consideração de materiais de sucção rápida, tais como argamassas de cimento e argamassas de cal, fez com que o risco de cheia de um Monumento passasse de “elevado” para “muito elevado”. Tal mudança do nível de gravidade do risco de cheia pode ter influência no tipo de mecanismos a adotar para minimizar este risco, por isso, é necessário compreender os termos que levaram à atribuição desta classificação e, eventualmente reconsiderá-los.

4.3. APLICAÇÃO DO MODELO DE RISCO DE CHEIA AOS MONUMENTOS SELECIONADOS

Com o objetivo de se elaborar uma carta de risco de cheia para os edifícios selecionados do distrito do Porto, procedeu-se à aplicação do Modelo Multicritério desenvolvido em [5], com algumas alterações nos parâmetros de entrada, apresentados em 4.3.

De seguida, no Quadro 4.3, apresentam-se os resultados obtidos:

Quadro 4.3 – Resultado da aplicação do Modelo de Risco de Cheia aos Monumentos Selecionados

Monumento	RC	Categoria de Risco
Casa do Infante	1,74	Risco Médio
Casa de Chá da Boa Nova	1,95	Risco Elevado
Casa de Serralves	1,31	Risco Baixo*
Sé do Porto	1,34	Risco Baixo*
Igreja de São Francisco	1,59	Risco Médio
Igreja de São Pedro de Ferreira	1,90	Risco Elevado
Hospital de Santo António	1,34	Risco Baixo*
Igreja de Azurara	1,34	Risco Baixo*

Igreja de São Cristovão de Rio Mau	1,80	Risco Elevado
Igreja de São Pedro de Rates	1,75	Risco Elevado
Igreja do Carmo	1,34	Risco Baixo*
Igreja das Carmelitas	1,34	Risco Baixo*
Igreja dos Grilos	1,34	Risco Baixo*
Igreja de São Bento da Vitória	1,34	Risco Baixo*
Igreja e Torre dos Clérigos	1,34	Risco Baixo*
Igreja Matriz de Vila do Conde	1,94	Risco Elevado
Igreja Paroquial de Abragão	1,30	Risco Baixo*
Igreja Paroquial de Cabeça Santa	1,25	Risco Baixo
Mosteiro da Serra do Pilar	1,24	Risco Baixo
Mosteiro de São Salvador de Grijó	1,75	Risco Elevado
Mosteiro de Leça do Balio	2,00	Risco Muito Elevado
Mosteiro de Paço de Sousa	1,60	Risco Médio
Mosteiro de Santa Clara	1,74	Risco Baixo*
Mosteiro de Santo Tirso	1,60	Risco Médio
Mosteiro de São Pedro do Cete	1,45	Risco Médio
Palácio da Bolsa	1,59	Risco Médio
Palácio do Freixo	1,69	Risco Médio

Para valores de $\Delta h > 20$ metros, considera-se risco de cheia baixo, independentemente do valor obtido pela fórmula de cálculo RC. Isto porque se considerou o fator mais preponderante na definição do risco de cheia, e tendo-se atribuído o peso de “1” para valores de $\Delta h > 20$, dispensa-se o cálculo [5]. Como se pode observar através do Quadro 4.2, existem vários Monumentos cujo resultado do cálculo através da fórmula, indica para valores de risco superiores áqueles que no final lhes são atribuídos (classificações assinaladas). Este facto pode remeter para uma certa majoração que o modelo está a fazer aquanto à atribuição do grau de risco, sendo um indicador para se proceder a uma reavaliação dos fatores, pesos e critérios associados à formulação do modelo multicritério.

Grande parte dos Monumentos analisados no distrito do Porto apresentam risco de cheia baixo. Os restantes têm um valor médio ou elevado, representando cada um 25,93% e 22,22% da amostra. Com uma percentagem muito reduzida de 3,7%, encontra-se um Monumento classificado com risco muito elevado.

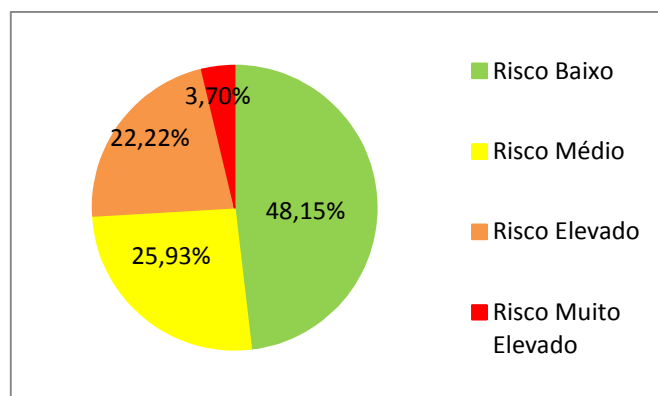


Fig.4.9 – Distribuição do Risco no distrito do Porto

Na Fig.4.10, apresenta-se a carta de risco de cheia para os Monumentos selecionados depois de aplicado o modelo multicritério.

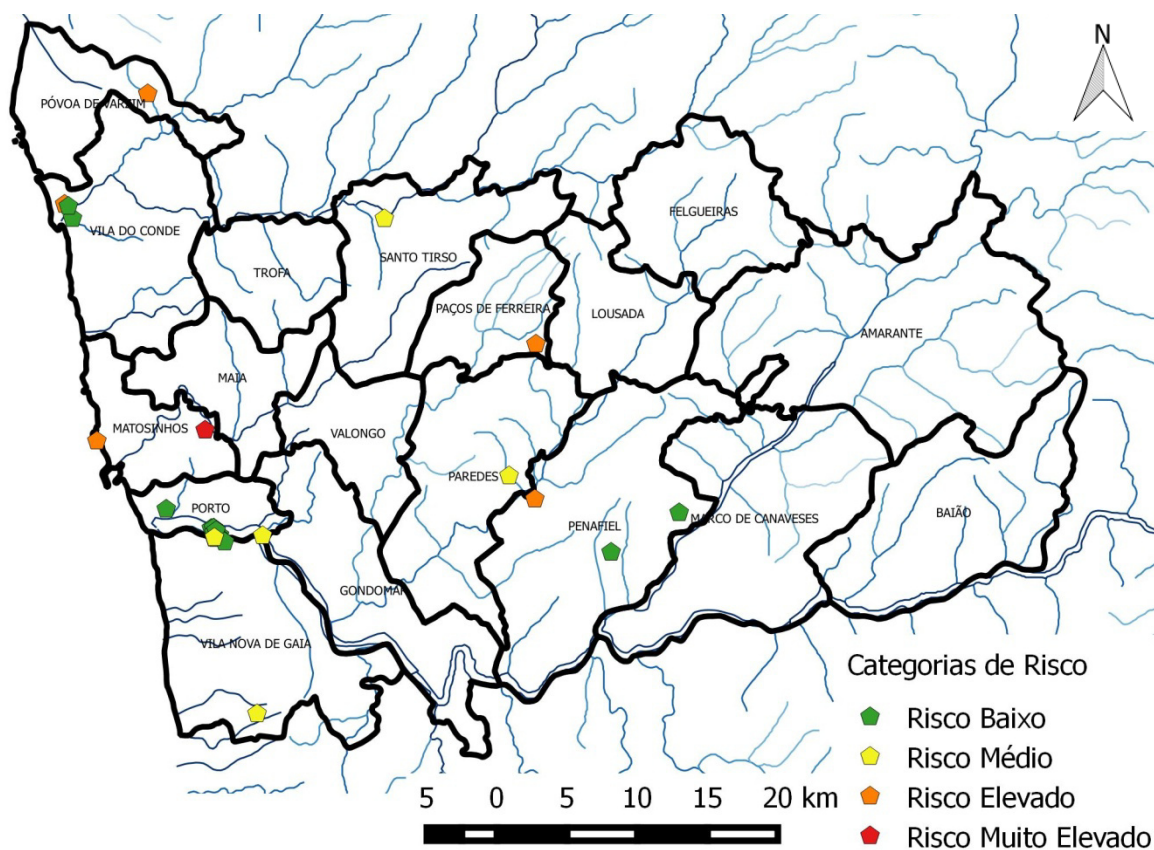


Fig.4.10 – Carta de Risco de Cheia no distrito do Porto

4.4. VALIDAÇÃO

Como referido anteriormente, a validação dos dados envolve duas partes, a primeira confrontando os resultados com os dados recolhidos e a segunda fazendo uma análise comparativa entre os resultados obtidos.

As classificações do nível de risco dos Monumentos fornecem indicações da necessidade de se tomarem medidas preventivas. Assim, para que essas medidas sejam as mais adequadas, é pertinente expor os dados que foram recolhidos e comparar com as classificações obtidas ao nível do histórico de cheia dos Monumentos.

De seguida, faz-se uma exposição do histórico de cheia para alguns dos Monumentos que apresentam classificação de risco consideráveis, sendo que os dados para os restantes edifícios encontram-se no Anexo III.

Igreja de São Pedro de Ferreira: Através da informação de um funcionário camarário, que atesta a ocorrência de uma cheia, há cerca de vinte anos, na parte traseira da igreja, não tendo, no entanto, causado quaisquer danos interiores. Esta cheia deverá ter sido causada pela existência de um pequeno riacho que passa na envolvente da igreja. Este Monumento foi classificado com risco de cheia elevado. O risco de cheia elevado remete para uma periodicidade de cerca de 20 anos, na ocorrência de cheias. Por dados recolhidos, nas proximidades, não há registo de esta edificação sofrer com tanta frequência de cheias/inundações. Neste caso, a classificação pode conduzir a um valor demasiado elevado. Talvez, a que mais se adegue seja o risco médio, visto já ter ocorrido cheia, mas não se repetir com frequência, que justifique a adoção de medidas extremas. Parece, então, que o facto de se atribuir uma ponderação de 10% aos materiais que compõem o Mosteiro, aliado à consideração de um fator secundário que, na generalidade dos Monumentos agrava a classificação (uma vez que maioritariamente possuem madeira na sua composição e este é um material que apresenta uma grande expansão hídrica), o que contribui para o agravamento do nível de risco.

Mosteiro de Leça do Balio: Segundo o Sacristão, houve uma inundação há cerca de vinte e cinco anos resultante da construção de um viaduto que faz ligação à Via Norte, onde não foi assegurado o bom escoamento das águas e como a ocorrência das chuvas, houve a destruição do muro lateral e frontal do Mosteiro, tendo este sido alagado, contudo, sem gravidade. O muro do Mosteiro já não existe, havendo atualmente uma zona verde nesse espaço. Apesar da efetiva proximidade ao rio Leça, não se registam tantas cheias que justifiquem a classificação de risco muito elevado. A obtenção deste nível de risco está maioritariamente relacionada com a grande ponderação, 80%, que se atribui à proximidade às linhas de água. Contudo, quando se avalia a proximidade, também é importante a consideração do tipo de linha de água e do posicionamento do Monumento face ao desenvolvimento do curso de água. Devido à importância da secção do curso de água a que o Mosteiro se encontra próximo, talvez fosse adequado reduzir a ponderação atribuída à proximidade à linha de água e considerar este parâmetro como um fator principal, na medida em que se o Monumento se localizar próximo da linha de água, mas não no final do curso de água, onde, geralmente, o caudal é mais variável, não haja um agravamento da classificação de risco.

Mosteiro de São Salvador de Grijó: Apesar de ser descrito, em 1536, pelos Monges como um local doentio e desagradável, devido a se tratar de um espaço húmido, não há conhecimento da existência de cheias e/ou inundações, pelo menos, no passado mais recente, sendo o pároco António Coelho o maior impulsionador há 19 anos a esta parte, das obras de reabilitação e restauro do Mosteiro. Segundo o modelo, este Monumento é classificado com risco de cheia elevado. Analogamente aos casos referidos anteriormente a elevada ponderação da distância às linhas de água faz-se sentir no resultado.

Considera-se, portanto, que esta classificação manifesta preocupação excessiva face ao histórico do fenómeno de cheia do local.

Mosteiro de Santo Tirso: Segundo o Museu Nacional Abade Pedrosa, relativamente às cheias não existe nenhum ficheiro onde estejam assentes esse tipo de ocorrências. Apenas se sabe que a maior cheia da qual se tem memória é já do Séc. XX, a qual atingiu praticamente o tabuleiro da ponte, um pouco mais baixo que o atual. Apesar disso, nunca houve nenhuma que atingisse o Mosteiro, talvez devido à distância significativa entre a Igreja e o Rio Ave, onde se encontram os terrenos da Quinta de Dentro, hoje, Escola Profissional Agrícola Conde S. Bento. Sabe-se, também, que não existe nenhum piso enterrado e com tendência a infiltrações. Deste modo, a classificação de risco de cheia médio está relacionada mais com a proximidade da edificação ao rio, sendo que à luz dos registos existentes, a classificação de risco de cheia baixo estaria mais adequada.

Igreja de São Cristóvão de Rio Mau: localizada em Vila do Conde, também apresenta uma classificação de risco de cheia “Elevado”, e, segundo a zeladora e um morador, não há memória de cheias/inundações naquela igreja. A avaliar pela idade do morador inquirido, pelo menos, nos últimos 60/65 anos, não terão ocorrido fenómenos de cheia. Contudo, ambos referem que já ocorreram algumas situações de cheia na zona de Rio Mau, mas mais próximas da linha de água e em que o relevo não é muito acentuado.

Palácio do Freixo: Como se pode ver pela figura 4.11, existem dois marcos de cheia, sendo um deles da cheia de 1909 que tem cerca de 3,5 metros. O outro marco não tem registo de data, pelo que pode ser anterior ou posterior a 1909. Obteve-se a classificação de risco médio que parece adequada, tendo em conta que apenas em cheias extraordinárias do rio Douro, este edifício foi atingido.



Fig.4.11 – Marcas de Cheia no Palácio do Freixo

Os resultados apresentados no Quadro 4.2 mostram uma diferenciação significativa dos Monumentos selecionados quanto ao risco de cheia, quando aplicado o modelo multicritério desenvolvido. Procedendo a uma comparação expedita dos resultados que alguns Monumentos apresentam, tem-se a Casa de Chá da Boa Nova classificada com um nível de cheia elevado e o Mosteiro de Leça do Balio com risco muito elevado. O senso comum indicaria para o contrário, pois a Casa de Chá está a uma curta distância do mar, variando este conforme as marés e, mesmo que não seja diretamente inundada ou vítima do fenómeno de cheia, devido ao transporte de humidade no ar e de sais, fará com que a estrutura esteja mais vulnerável à apresentação de patologias e danos, visto que tem elementos de madeira no exterior, do que o Mosteiro de Leça do Balio que é uma estrutura em alvenaria em granito e, portanto, apresentaria menores perdas numa situação de cheia.

É aceitável que a Casa do Infante e o Palácio do Freixo sejam classificadas com risco médio devido à efetiva proximidade a um rio principal, no caso, o rio Douro e, portanto, devem ter um nível de risco superior à Sé do Porto ou à Torre dos Clérigos que se situam em pontos altos e interiores da cidade do Porto, não sendo Monumentos verdadeiramente afetados por inundações/cheias, justificando, desta forma, o risco baixo.

De referir os casos como os Mosteiros de Santa Clara e da Serra do Pilar, que apesar de se encontrarem perto do rio, localizam-se num ponto alto justificando as classificações de risco de cheia baixo.

Com a comparação dos resultados obtidos com os presentes em [5], verifica-se que com maior detalhe de informação, há um agravamento das classificações de risco dos Monumentos, observando-se que as classificações obtidas com menor informação são mais adequadas do que aquelas patentes no presente estudo.

Apesar da metodologia adotada neste modelo permitir ter uma noção do grau de risco, há uma tendência a majorar o resultado real, quando se utilizam dados mais detalhados. No entanto, o modelo apresenta-se organizado, com parâmetros pertinentes para o estudo do fenómeno, pelo que é conveniente a otimização do mesmo, ajustando e calibrando os fatores ou até mesmo introduzindo novos fatores que se considerem relevantes.

4.5. SÍNTESE DO CAPÍTULO

Com a visita e com a recolha de informação mais detalhadas dos Monumentos Nacionais selecionados, aplicou-se novamente o modelo e verificou-se um agravamento nas classificações de risco.

Na generalidade, a inclusão de juntas de argamassa de cimento e de argamassas de cal, por se tratar de materiais que apresentam uma sucção rápida, faz com que o peso do coeficiente absorção de água correspondente aumente.

A visualização “in situ” das distâncias de alguns dos Monumentos às linhas de água fez com que se alterassem alguns valores de diferenças de alturas dadas como zero quando medidas com o auxílio do software QGIS, bem como a consideração de diferentes linhas de água nos casos da Igreja de São Pedro de Ferreira e do Mosteiro de Paço de Sousa.

Da análise qualitativa dos resultados, conclui-se que os edifícios que apresentam maior vulnerabilidade são os que se localizam mais próximos das linhas de água. Cerca de 48% dos edifícios selecionados apresenta um risco baixo, sendo que a outra metade apresenta risco elevado e médio, havendo apenas um Monumento classificado com risco muito elevado.

A correlação dos resultados obtidos com os dados recolhidos sobre o histórico de cheia em alguns Monumentos, permite inferir que este modelo apresenta resultados mais gravosos do que aqueles que se verificam na realidade. Tal pode influenciar o processo de adoção de medidas preventivas, com vista a controlar os efeitos adversos potencialmente provocados por uma cheia, pois os resultados tendencialmente indicam, em alguns edifícios, uma vulnerabilidade acima daquela que se considera sensata.

Desta forma, considera-se que apesar do modelo fornecer indicações pertinentes e permitir retirar ilações por comparação de resultados, necessita de um ajuste que permita obter resultados mais realistas.

5

OTIMIZAÇÃO DO MODELO DESENVOLVIDO E CARTAS DE RISCO ASSOCIADAS

5.1. INTRODUÇÃO

Os resultados do Modelo Multicritério obtidos quando associados aos dados existentes do histórico de cheias nos Monumentos em análise, faz com que se retirem ilações quanto ao grau de precisão e rigor do modelo desenvolvido.

Seria de esperar que para um risco de cheia elevado, existisse uma periodicidade de, pelo menos, 20 anos, o que não se verifica em vários casos onde este nível de classificação é atribuído. Deste modo, é necessário reavaliar os critérios, pesos e ponderações subjacentes a este modelo, para que haja um reajuste do mesmo, para que a classificação seja mais verossímil quando comparada com o histórico de cheia dos Monumentos.

A otimização do modelo passará, não só pela reflexão dos parâmetros previamente adotados como pela introdução de um novo fator que contempla o estado atual de conservação do Monumento. Posteriormente, procede-se à aplicação do modelo otimizado à amostra, obtendo-se a classificação de risco de cheia para cada Monumento.

Neste estudo, elabora-se ainda cartografia com base nos resultados extraídos da aplicação do modelo que indicam o grau de vulnerabilidade a que os edifícios se encontram expostos. A elaboração de cartas de risco permite uma análise visual da localização dos edifícios face aos cursos de água, bem como a identificação, qualitativa, do grau de risco associado. Esta forma expedita de análise permite retirar informações quanto à vulnerabilidade da amostra de Património classificado. Quanto mais vulnerável for o edifício, mais danos sofrerá aquando da ocorrência do fenómeno de cheia, uma vez que o grau de perda ou danificação dos elementos expostos é superior.

Neste capítulo, apresenta-se a otimização do modelo desenvolvido, a sua aplicação e um comentário dos resultados obtidos, bem como cartas de risco de cheia para os Monumentos analisados. As cartas de risco funcionam como uma ferramenta de prevenção e controlo de cheias, chegando facilmente às entidades responsáveis pela gestão do Património, para que possam ser tomadas medidas adequadas aquando a ocorrência deste fenómeno, uma vez que estarão munidos de mecanismos e medidas preventivas que deem uma resposta apropriada.

5.2. REFLEXÃO SOBRE OS CRITÉRIOS, PESOS E PONDERAÇÕES ATRIBUÍDAS

A maior ou menor sensibilidade do modelo de cheia está relacionada com a forma como se atribuem os pesos e as ponderações aos critérios selecionados. Para tal, é indispensável uma análise detalhada dos mesmos, sem deixar de lado o carácter genérico do modelo para aplicação a qualquer Monumento.

5.2.1. DISTÂNCIA HORIZONTAL À LINHA DE ÁGUA - D_{LA}

Trata-se um critério que assume uma grande relevância, pois a proximidade às linhas de água propicia a que numa situação em que o nível das águas de um determinado curso de água ultrapasse o seu leito normal, ocorram cheias nas proximidades. Contudo, isoladamente, não constitui condição suficiente para que os Monumentos sejam atingidos por se encontrarem próximos às linhas de água.

Na Fig.5.1, visualiza-se a zona onde se insere o Mosteiro de Santa Clara para uma situação de cheia do curso de água mais próximo, neste caso, o Rio Ave, verificando-se que apesar de atingir praticamente todas as edificações que se encontram nas proximidades, o nível das águas teria que subir para valores na ordem dos 20 a 25 metros para ser uma ameaça à inundação do Mosteiro.

É perceptível a relativamente reduzida distância horizontal a que o Monumento se encontra da linha de água, numa situação em que o caudal do rio se encontra dentro dos parâmetros normais. Com o cruzamento destas duas informações, e extrapolando para outras situações, serão reavaliados os intervalos da classificação do risco de cheia do modelo em análise.



Fig.5.1 – a) Cheia ocorrida no Rio Ave, em Vila do Conde, no ano de 1962 [38]; b) Perspetiva da proximidade entre o Mosteiro de Santa Clara e a margem do Rio Ave

O resultado quantitativo da aplicação do modelo multicritério foi de 1,74, situando-se do limite superior do risco médio. Contudo, a classificação de risco de cheia atribuída a este Monumento, segundo o modelo multicritério, foi de risco baixo, pois encontra-se a uma altura igual ou superior a 20 metros da linha de água. Atendendo ao facto de que a cheia de 1962 foi uma das mais severas ocorridas na zona onde se encontra edificado o Mosteiro e, este saiu ileso desse evento, associado à discrepância entre a classificação quantitativa e qualitativa obtido pelo modelo, são dados indicadores de que poderá haver um sobredimensionamento deste critério.

Como premissa inicial, será considerada a redução dos intervalos definidos em 3.4.2.1. Para reduzir a influência do fator D_{LA} , estabeleceu-se como limite inferior máximo o valor de 10 metros, que é semelhante ao utilizado no MB-C1. Considera-se que os 50 metros definidos no MM, constituem uma distância bastante significativa e, como já foi verificado, não é um fator decisivo. Para o limite

superior e, por conseguinte, para a classificação de risco com menor peso, 1, estabeleceram-se todas as distâncias superiores a 100 metros, tendo-se procedido a uma redução de 50 metros, relativamente ao MM. Assim, o intervalo correspondente a uma classificação de 1,5, estará compreendido entre valores superiores a 10 metros e os 100 metros, como se pode verificar no Quadro 5.1.

Quadro 5.1 – Classificação de risco do fator D_{LA}

D_{LA} (m)	Classificação de risco
> 100	1
$10 < D_{LA} \leq 100$	1,5
≤ 10	2

5.2.2. DISTÂNCIA VERTICAL À LINHA DE ÁGUA - ΔH

O fator com maior relevância, a distância vertical à linha de água, ΔH , reflete a preocupação com a água proveniente do transbordo do normal do rio, alcançar o interior do edifício ou causar danos no seu exterior.

A análise do histórico de cheias foi efetuada através do registo das marcas de cheia que se encontra disponível numa base de dados do SNIRH, registos de diversas fontes, desde dados recolhidos pelo *Sistema de Vigilância e Alerta de Recursos Hídricos*, notícias de jornais, dados que se encontram em Planos Diretores Municipais, entre outros.

Relacionando os registos das marcas de cheia com a localização dos Monumentos e o conhecimento da existência de fenómenos de cheia/inundação nos mesmos, foi possível emitir um parecer relativamente à classificação de risco do fator ΔH .

Utilizando-se como exemplos o Mosteiro de Leça do Balio e a Igreja de São Cristóvão de Rio Mau, cujas distâncias verticais às linhas de água mais próximas são de 0 e 3 metros, respetivamente, e estão classificados como tendo um risco de cheia muito elevado e elevado, respetivamente, segundo o MM. Como já foi explicitado em 5.1, não há registos de cheias/ inundações, devido a causas naturais, pelo menos, nos últimos 50 anos. Assim, a atribuição desse risco de cheia poderá ser excessiva.



Fig.5.2 – Perspetivas da distância do Mosteiro de Leça do Balio ao Rio Leça, que se encontra na parte de trás do muro, junto às árvores

Analisando as classificações de risco obtidas pelos dois modelos simplificados explicitados em 3.2 e 3.3, verifica-se a classificação de risco moderado para estes dois Monumentos, com o Modelo Bi-Critério 1, o que parece ser mais adequado.

Numa tentativa de afinação dos critérios de classificação, parece razoável a diminuição dos limites dos intervalos utilizados no MM, passando o limite superior do intervalo mais gravoso, com classificação de risco 2, de 5 metros para 3 metros, e o limite inferior do intervalo menos gravoso, com classificação de risco 1, do valor de distância vertical acima de 20 metros para 10 metros.

Quadro 5.2 – Classificação de risco do fator Δh

Δh (m)	Classificação de risco
> 10	1
$3 < \Delta h \leq 10$	1,5
≤ 3	2

5.2.3. PRESENÇA DE OBSTÁCULOS – OB

A geomorfologia do terreno pode constituir-se como um obstáculo entre o Monumento e o curso de água, desprezando-se todos aqueles que resultam da ocupação do solo pelo Homem.

A introdução de um fator secundário que minore a classificação de risco atribuída à distância vertical, apresenta algum interesse, pois a diferença da cota entre a superfície da linha de água e o ponto de maior cota do obstáculo, pode condicionar o avanço das águas provenientes de uma possível cheia do curso de água. O risco de atingir o Monumento diminui com o aumento da altura do obstáculo, que em teoria será a altura que a água terá que vencer.

Por outro lado, pode ter o efeito inverso, ou seja, se o declive do terreno onde a edificação se localiza for elevado, associado ao declive contrário ao obstáculo, origina um vale. Então, se o Monumento se localizar num ponto de baixa altitude, pode estar sujeito a cheias/inundações provenientes de fenómenos de precipitação intensa, pela acumulação de água naquela área, constituindo-se como um fator que majora indiretamente o fator principal Δh , como se apresenta na Fig.5.3.

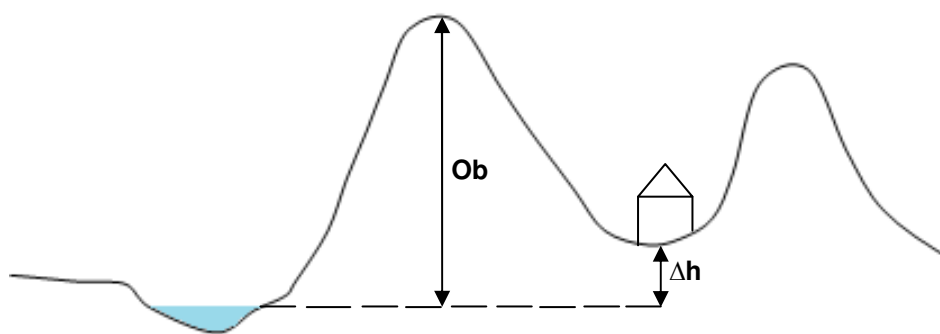


Fig.5.3 – Existência de um obstáculo entre o Monumento e a linha de água e o caso do Monumento se localizar entre dois obstáculos

Surge, então, a necessidade de à classificação de risco do fator secundário, Ob, acrescentar a eventualidade do Monumento poder localizar-se num ponto baixo de um vale, em que se encontra no

meio de dois obstáculos opostos. Se essa situação ocorrer, deve proceder-se à majoração de Δh em 20%, como se encontra representado no Quadro 5.3.

Sendo que nas situações em que haja a simultaneidade de se apresentar um obstáculo entre a linha de água e Monumento e este se localize num ponto baixo do vale, optar-se pelo cenário mais gravoso.

Quadro 5.3 – Classificação de risco do fator secundário Ob

Obstáculo	Classificação de risco
Sim	[0,1 – 0,5]
Não	1
Localização do Monumento num ponto baixo do vale	1,2

De referir que para os Monumentos analisados não se verificou a presença de obstáculos, mas como se pretende um carácter genérico do modelo para a aplicação a qualquer Monumento, é viável a consideração deste fator secundário, pela influência que fará na classificação de risco.

5.2.4. MATERIAIS

Com a aplicação do modelo às diversas edificações em estudo, verifica-se uma brusca passagem, em termos de classificação de risco do fator A, de um material preventivo contra a água para um que apresente sucção rápida. Tal agrava significativamente a classificação de risco de cheia dos Monumentos que apresentem, por exemplo, juntas de argamassa. A classificação de risco teve por base a norma alemã DIN 4108-4 [36], que divide em quatro categorias de risco, mediante o coeficiente de absorção apresentado pelo material. Apesar de o tipo de material e o respetivo comportamento à água influenciar a forma como a água é absorvida e a velocidade com que pode ser transportada para o interior, numa situação de cheia, é pelas portas e janelas exteriores onde, geralmente, por não serem totalmente estanques, permitem o acesso da água ao interior. Os danos causados estarão condicionados além do coeficiente de absorção de água, pelo grau de conservação que o edifício apresenta.

Um Monumento pode ter o material mais condicionante classificado como quase impermeável e apresentar uma fenda na porta exterior. Numa situação de cheia, a água entrará muito mais facilmente através da fissura existente na porta do que por um material com sucção rápida. Nos vários Monumentos selecionados, verificou-se um agravamento excessivo por se considerar uma classificação de 2, para materiais de sucção rápida. Por forma a atenuar essa alteração tão significativa de resultados, atribui-se uma nova classificação de 1,5 para os materiais que apresentem um coeficiente de absorção de água dessa categoria. No Quadro 5.4, apresentam-se os Monumentos para os quais se apresenta uma redução da classificação de risco, aplicando o modelo de risco otimizado com a classificação máxima de risco do fator A igual a 1,5.

Quadro 5.4 – Influência da redução da classificação de risco máxima do fator A

Monumento	Classificação do risco de cheia considerando A=2	Classificação do risco de cheia considerando A=1,5
Casa do Infante	Risco Médio (1,62)	Risco Moderado (1,58)
Igreja de S. Cristovão de Rio Mau	Risco Elevado (1,83)	Risco Médio (1,79)
Igreja Matriz de Vila do Conde	Risco Elevado (1,82)	Risco Médio (1,78)
Mosteiro de Leça do Balio	Risco Elevado (1,80)	Risco Médio (1,76)
Mosteiro de Santa Clara	Risco Moderado (1,30)	Risco Baixo (1,26)

Da análise do Quadro 5.4, constata-se que a redução de 2 para 1,5 na classificação de risco para materiais de sucção rápida, reduz a classificação de risco de cheia em cerca de 19% dos Monumentos da amostra em estudo. Como já foi referido anteriormente, nem a Igreja de São Cristóvão de Rio Mau nem o Mosteiro de Leça do Balio apresentam um histórico que cheias que justifique uma classificação de risco elevada. O Mosteiro de Santa Clara, apesar de se encontrar próximo do rio, está a uma cota muito elevada, pelo que se considera que o risco baixo está mais adequado. No caso da Casa do Infante, por estar num local com um declive acentuado em direção ao rio Douro, faz com que a probabilidade das cheias do rio Douro atingir este edifício seja reduzida. Assim, considera-se que o risco moderado é uma classificação mais realista. A classificação de risco elevado para a Igreja Matriz de Vila do Conde é deveras gravosa, visto que esta se situa a mais de 300 metros de distância do Rio Ave.

No Quadro 5.5, apresenta-se, então, a nova classificação de risco para o fator A.

Quadro 5.5 – Classificação de risco do fator A

A		Classificação de risco	Classificação de risco do
(Kg/m ² h ^{1/2})	(Kg/m ² s ^{1/2})		fator de risco A
> 2,0	> 0,0333	Sucção rápida	1,5
< 2,0	< 0,0333	Preventivo contra a água	1
< 0,5	< 0,0083	Quase impermeável	1
> 0,001	> 0,000017	Impermeável	1

5.2.5. ESTADO DE CONSERVAÇÃO DO MONUMENTO - CM

O estado de conservação do Monumento, C_M , é um fator considerado pertinente quando se faz uma análise do risco de cheia. Além de, eventualmente, poder colocar o edifício mais vulnerável a fenómenos de cheia/inundação, interfere com as perdas de bens Patrimoniais que podem não ser recuperáveis, uma vez que o facto da edificação se encontrar já fragilizada, quando sujeita a um fenómeno extremo, como uma cheia, poderá significar a sua desagregação total ou parcial, ou destruição de alguma parte. A maioria dos Monumentos Nacionais são edificações com técnicas construtivas bastante diferentes das praticadas atualmente, o que leva a uma quase impossibilidade de restaurar elementos históricos e arquitetónicos perdidos.

O estado das fachadas, coberturas e as patologias que possam apresentar são o aspeto que serve de base ao estabelecimento da classificação de risco deste novo fator considerado.

As principais deteriorações e patologias encontradas nos Monumentos selecionados foram a desagregação granular, placas, plaquetas, crostas negras, filmes negros, eflorescências, colonização biológica, fissuração e humidade.

A desagregação granular, caracteriza-se pelo aumento da rugosidade das superfícies devido à presença dominante de grãos de quartzo salientes, manifestando-se através de uma perda de material resultante do desgaste dos grãos, principalmente dos feldspatos (Fig.5.4 e Fig.5.6).

As placas acompanham a superfície exterior das pedras, sendo delimitadas por duas superfícies paralelas, constituindo formações pouco espessas comparativamente ao comprimento e largura.

As plaquetas podem ser classificadas como a transição entre a desagregação granular e as placas. Acompanham a superfície exterior das pedras e, tal como as placas, são delimitadas por duas superfícies paralelas, mas não são geralmente tão bem definidas como estas. Ao longo do seu desenvolvimento, vão-se progressivamente destacando da pedra, até se separar e cair [21] (Fig.5.4 e Fig.5.6).

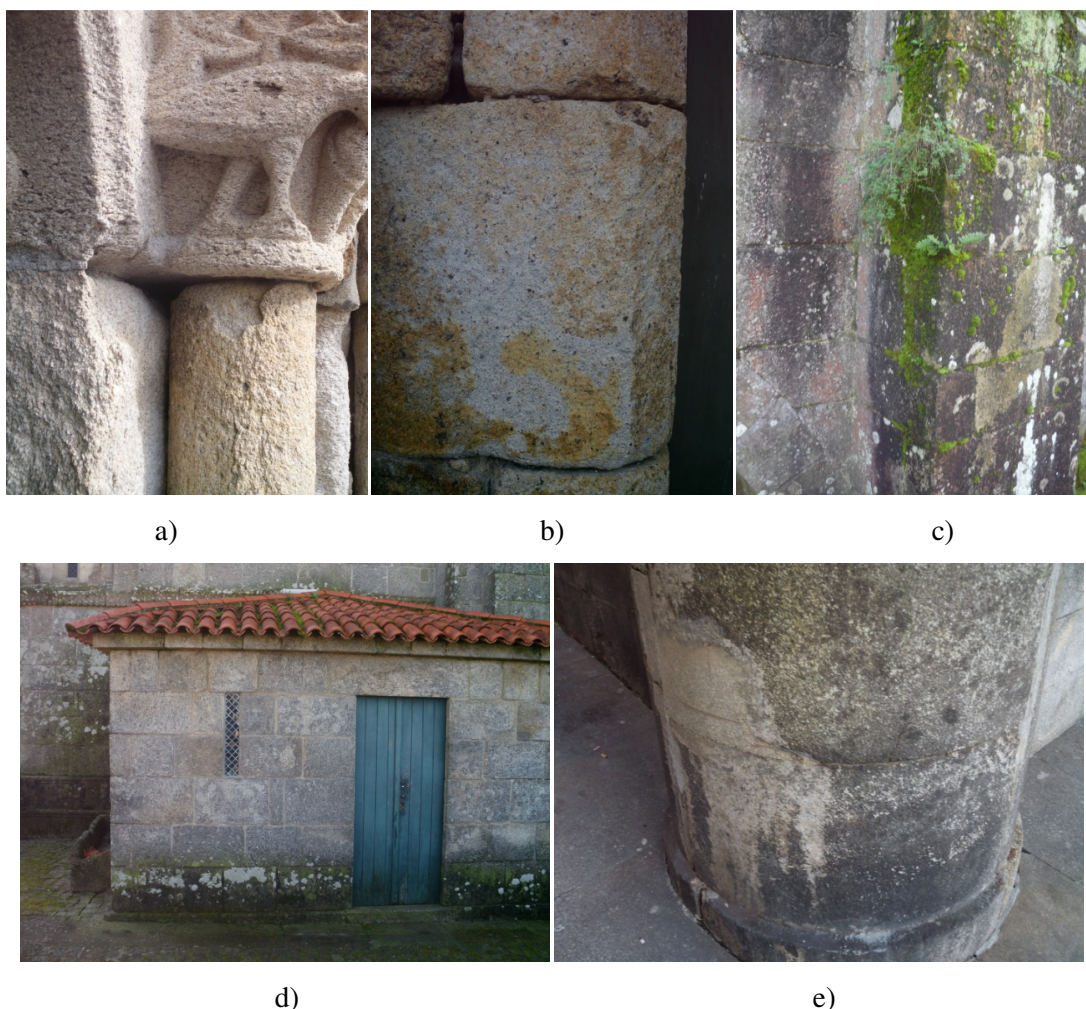


Fig.5.4 – a) Desagregação granular e plaquetas – Igreja de São Cristóvão de Rio Mau; b) Plaquetas – Mosteiro de São Pedro do Cete; c) Colonização biológica, eflorescências e crostas negras – Mosteiro de Paço de Sousa; d) Eflorescências, crostas negras – Igreja de São Pedro de Ferreira; e) Crostas negras – Igreja dos Clérigos

As crostas negras são depósitos de cor negra, que cobrem as superfícies das pedras e argamassas das juntas (Fig.5.4).

Os filmes negros são formações superficiais muito finas de cor negra que recobrem e aderem fortemente às pedras graníticas, sendo difícil a sua remoção em trabalho de limpeza.

As eflorescências manifestam-se através do desenvolvimento de cristalizações de sais solúveis sobre as superfícies de meios porosos como os granitos e argamassas (Fig.5.4).

A colonização biológica traduz-se na presença de plantas em áreas mais húmidas ou sombrias, muitas vezes em juntas abertas onde a escorrência ou permanência de humidade são mais acentuadas (Fig.5.4).

A fissuração manifesta-se nos Monumentos maioritariamente nos vértices de algumas pedras de granito mais meteorizadas ou deteriorado por terem sido utilizadas argamassas de cimento de Portland nas juntas, sendo estas argamassas mais resistentes e menos deformáveis do que as argamassas de cal originalmente empregues (Fig.5.5).

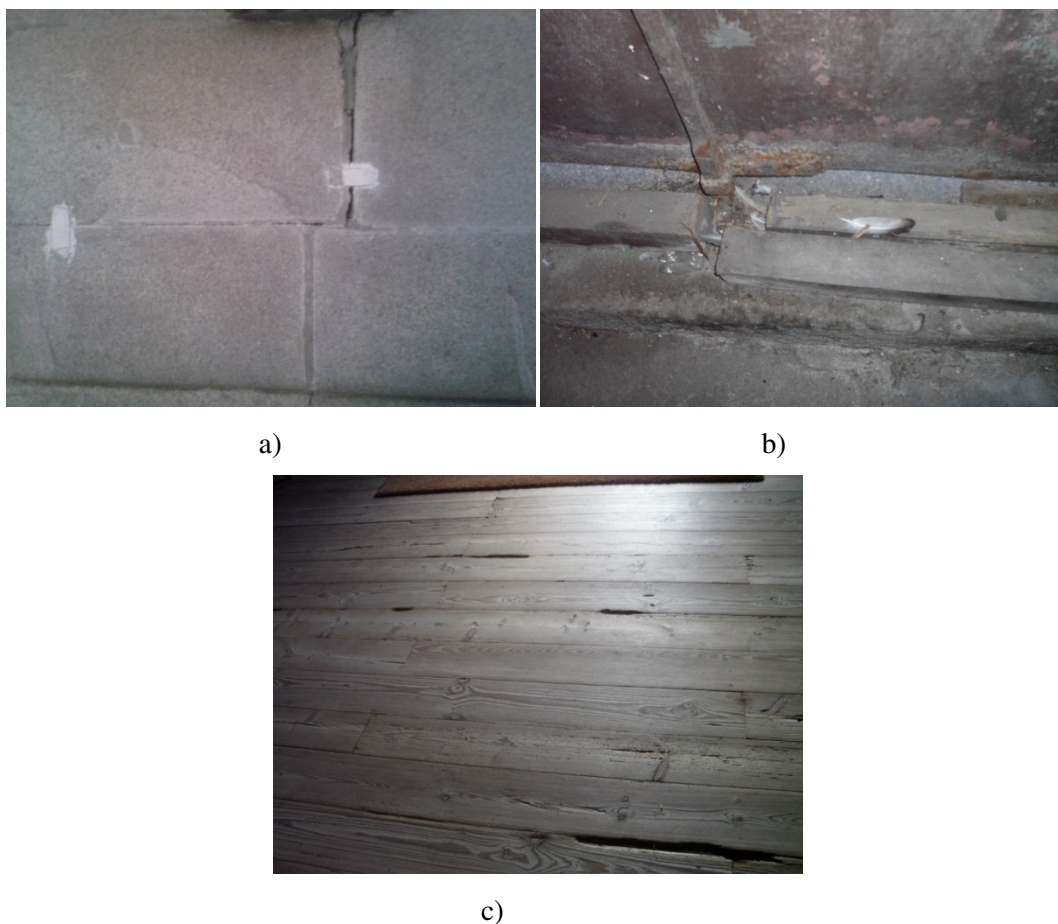


Fig.5.5 – a) Fendas nas juntas – Igreja dos Grilos; b) Porta em mau estado, apresentando aberturas na parte inferior – Igreja de São Bento da Vitória; c) Pavimento de madeira com fendas – Igreja de São Cristovão de Rio Mau

O mau estado das coberturas das portas e janelas, no caso de precipitações, é um veículo facilitador que permite o acesso de água ao interior dos edifícios, ou, no caso de cheias, e dependendo da altura atingida pelas águas, facilita a ocorrência de cheias/inundações nos mesmos (Fig.5.5 e Fig.5.6).

Como já referido, a degradação das juntas ou até, nalguns casos, a sua falta (Fig.5.6), permite a infiltração de águas que se poderão manifestar em patologias, como a humidade, mas também, num agravamento no fenómeno de transporte de água ao interior do Monumento.

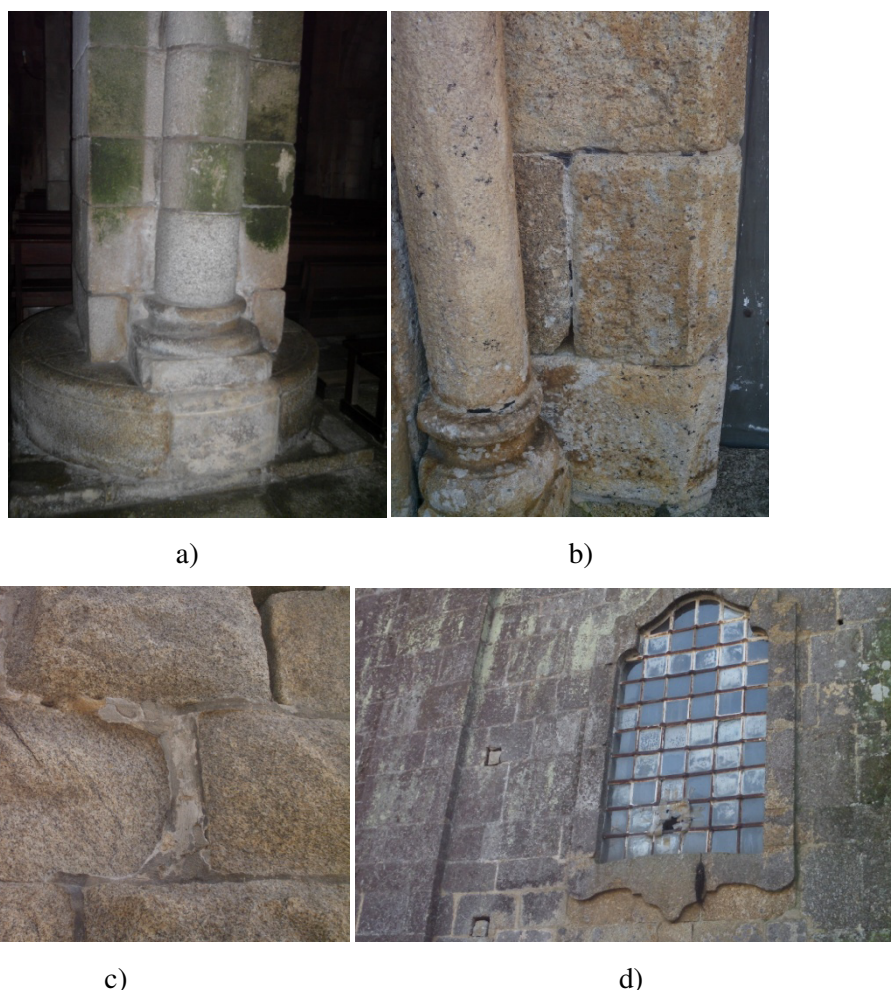


Fig.5.6 – a) Humidade ascensional – Igreja de São Pedro de Rates; b) Desagregação granular, plaquetas e falta de preenchimento das juntas – Mosteiro de São Pedro do Cete; c) Falta de preenchimento das juntas – Igreja Matriz de Vila do Conde; d) Vidro partido – Mosteiro de Paço de Sousa

Com o objetivo de se contemplar esta situação, introduziu-se este fator secundário associado aos materiais constituintes dos Monumentos (Quadro 5.6).

Quadro 5.6 – Classificação de risco do fator Cm

Cm	Classificação de risco
Razoável/Bom	1
Mau	1,2

Para a avaliar este fator, optou-se por uma classificação qualitativa em que se se inserem na mesma categoria de risco, os edifícios que apresentam um estado de conservação que se enquadra entre o razoável e o bom. Para todos os outros edifícios, em que se considera que existem danos graves que favorecem o acesso da água ao interior aliada à degradação em geral, são classificados como estando em mau estado de conservação, provocando uma majoração de 20%, do fator principal A.

5.2.6. CLASSIFICAÇÃO DOS EDIFÍCIOS QUANTO AO RISCO

A escolha dos fatores de risco e os respetivos critérios de classificação têm como objetivo a formulação de um modelo de risco de cheia que apresente resultados o mais precisos possível, havendo muitas vezes falta de informação como dados que possam ser relacionáveis com o histórico do fenómeno de cheia dos Monumentos. Nesse sentido, procedeu-se a um ajuste de alguns fatores e respetivos critérios, bem como à adição de um novo fator.

Na formulação inicial, foram considerados critérios principais e secundários, sendo que os segundos funcionavam como fatores de majoração ou minoração do valor de risco atribuído ao fator principal ao qual estão associados. Com a análise das classificações de risco obtidas depois da aplicação do modelo com uma recolha de dados mais extensa, verificou-se uma tendência para a obtenção de resultados que se mostravam um tanto gravosos ao fenómeno de cheia face ao histórico do fenómeno nos Monumentos seleccionados.

O objetivo final da aplicação deste modelo é a elaboração de uma cartografia de risco de cheia para os Monumentos seleccionados, no distrito de Porto, com vista a se tratar de um instrumento no controlo e prevenção de cheias, deste modo, as classificações devem, ser realistas para que as respostas sejam adequadas aquando da ocorrência de cheias.

Nesse sentido, procedeu-se a uma reformulação do modelo, estando patente no esquema da Fig.5.7, os parâmetros considerados no cálculo do risco em cada Monumento.

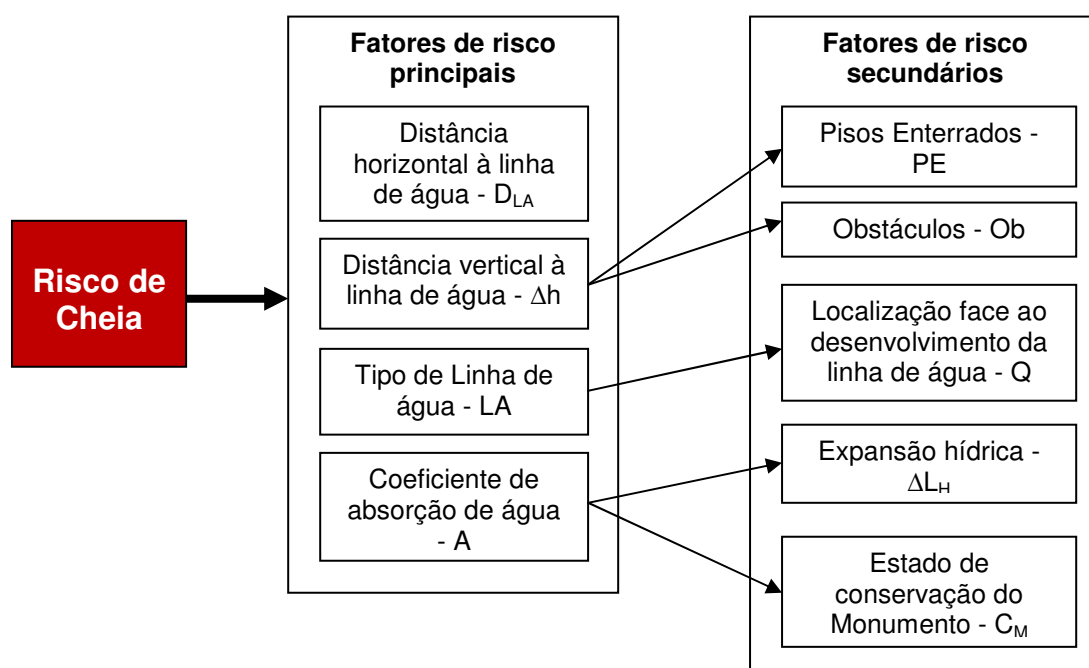


Fig.5.7 – Fatores de risco definidos na otimização do modelo





Para enquadrar cada Monumento numa das quatro categorias de risco previamente estabelecidas, é necessário reformular também a fórmula de cálculo. Como tal, a fórmula de cálculo original foi reformulada passando a conter os quatro fatores principais e os cinco fatores secundários associados.

Naturalmente, e como considerado na formulação inicial do modelo, nem todos os fatores de risco têm a mesma importância. Impreterivelmente, os fatores que se relacionam com a proximidade das edificações às linhas de água têm que ter uma ponderação mais representativa do que aquela que está relacionada com os materiais, pois estes só serão atingidos, numa situação de cheia, se as características associadas às linhas de água consideradas o permitirem. Com as análises de sensibilidade com a amostra de 27 Monumentos nacionais, foram definidas novas ponderações. Dos três fatores risco relacionados com as linhas de água, considerou-se que a distância vertical à linha de água é, de facto, a mais decisivo no processo da acessibilidade da água ao Monumento. No entanto, considerou-se um pouco maior do que os 60% inicialmente atribuídos, passando a corresponder a este fator uma ponderação de 65%. Também se considerou um aumento da ponderação do fator correspondente à distância horizontal à linha de água. O tipo de linha de água, isto é, a influência da diferença de caudais, por exemplo, entre um rio principal e um ribeiro, que pode ter um escoamento perene em determinadas alturas do ano, é um elemento que tem importância considerar, no entanto, como tem um fator secundário que o majora, mediante a posição relativamente à linha de água, diminui-se a ponderação do fator principal em 5%, passando a ter uma ponderação de 5%. A ponderação para o coeficiente de absorção de água também sofre uma diminuição de 5%, passando a ter uma ponderação de 5%, pois a este fator está associado o fator secundário expansão hídrica que, na generalidade dos casos, majora o fator principal visto que materiais como a madeira são comumente utilizados nas construções. Na Equação 5.1, indica-se a formulação final do processo dividido em duas fases para o cálculo do risco de cheia, com as equações que permitem a avaliação quantitativa do risco.

$$RC = 0,25D_{LA} + 0,65\Delta h \times PE \times Ob + 0,05LA \times Q + 0,05A \times \Delta L_H \times C_M \quad (5.1)$$

Os resultados da classificação numérica obtida pela aplicação do modelo necessitam de uma tradução qualitativa, para que possibilite a identificação do grau de risco. Como explicitado em 3.4.4., foram inicialmente definidos quatro intervalos de risco e, portanto, quatro categorias de risco: baixo, médio, elevado e muito elevado. No entanto, através os resultados obtidos e relacionando-os com alguns Monumentos sobre os quais existia a perceção do risco esperado e/ou conhecimento de histórico de cheia, verificou-se que a perceção de risco mais adequada seria a escala qualitativa utilizada em [32], que divide o risco em quatro graus: baixo, moderado, médio e elevado. A classificação de risco foi atribuída após uma validação e calibração de resultados, que resultou na classificação de risco de cheia apresentada no Quadro 5.7, onde se está explícita a divisão em quatro categorias, com um intervalo e cor correspondentes.

Quadro 5.7 – Grau de Risco de Cheia do Monumento

Grau de Risco	RC	Risco	Cor
1	$RC \leq 1,30$	Baixo	
2	$1,30 < RC < 1,60$	Moderado	
3	$1,60 \leq RC < 1,80$	Médio	
4	$RC \geq 1,80$	Elevado	

No Quadro 5.8, apresentam-se alguns dos Monumentos sobre os quais existe uma perceção do risco esperado, servido, assim, de ferramenta de ajuste para a definição dos intervalos.

Quadro 5.8 – Exemplo de alguns Monumentos utilizados para a validação das categorias de risco

Monumento	D_{LA} (m)	Δh (m)	LA	A ($\text{Kg/m}^2\text{s}^{1/2}$)	Classificação de risco				Risco de Cheia
					D_{LA}	Δh	LA	A	
Casa do Infante	78	12	1	0,228	1,5	1,5	2	1,5	Risco Moderado (1,58)
Casa de Chá da Boa Nova	40	2	1	0,01	1,5	2	2	1	Risco elevado (1,85)
Sé do Porto	250	54	1	0,228	1	1	2	1,5	Risco Baixo (1,16)
Mosteiro de Leça do Balio	125	0	1	0,228	1	2	2	1,5	Risco Médio (1,76)
Palácio do Freixo	49	10	1	0,012	1,5	1,5	2	1	Risco Moderado (1,55)

Para que não se verifiquem muitos desajustes, a amostra foi analisada de forma a detetar possíveis desvios daqueles que seriam os resultados esperados e ajustar os intervalos definidos. Da análise da amostra extraem-se as seguintes conclusões:

- A diferença de altura entre o Monumento e a linha de água, sendo o fator principal com maior ponderação, quando assume a classificação de risco 1, é o que mais efeito tem na classificação de risco final, sendo que todos os Monumentos classificados com risco de cheia baixo apresentam a classificação de risco 1;
- Os Monumentos com risco moderado exibem uma classificação para o fator de risco com maior ponderação igual a 1 ou 1,5 e apresentam de dois a quatro fatores principais com classificação superior a 1;
- Os Monumentos com risco médio apresentam pelo menos um fator principal a classificação de risco igual a 2, sendo um deles o fator de maior ponderação, Δh ;
- Os Monumentos com risco de cheia elevado apresentam pelo menos dois fatores principais com risco máximo (2 para D_{LA} , Δh e LA e 1,5 para A).

Na formulação inicial do modelo está patente uma condição que para diferenças de altura entre o Monumento e a linha de água mais próximas superiores a 20 metros, independentemente do resultado obtido através da aplicação da fórmula, o edifício em questão é classificado com risco de cheia baixo. A introdução dessa condição na amostra selecionada, aplicando o modelo já otimizado, não se obtém nenhuma alteração nas classificações. Na formulação inicial do modelo, utilizando esta condição, verificou-se que na amostra de 27 Monumentos, 10 ficaram, imediatamente, classificados com risco baixo. A não necessidade de aplicação desta condição, no modelo otimizado, permite tirar ilações quanto ao grau de ajuste do modelo, pois os resultados da aplicação direta da fórmula de cálculo traduzem depois qualitativamente o grau de risco que seria esperado, sem ter que se aplicar uma condição limite. Esse facto remete para uma melhor adequação dos critérios, pesos e ponderações,

bem como as escalas de classificação quantitativas e qualitativas às edificações em estudo. No entanto, como se pretende que o modelo possa ser aplicado à avaliação do risco de cheia de qualquer edifício, é conveniente manter essa condição, pois é importante salvaguardar a não atribuição de resultados que não tenham uma correspondência com a realidade, na medida em que a água apresenta dificuldades em vencer grandes desníveis.

Da amostra de 30 de edifícios classificados como Monumentos Nacionais, no distrito do Porto, observou-se após a aplicação do modelo, 17 encontram-se classificados com risco de cheia baixo, e apenas 2 estão classificados com risco de cheia elevado.

A casa de chá da Boa Nova, ao contrário dos outros Monumentos considerados, não está sujeita a uma cheia fluvial, mas sim, a uma cheia marítima. Este restaurante é classificado com risco de cheia elevado, pois encontra-se inserido num complexo rochoso muito próximo do mar. Como 90% da ponderação dos fatores está relacionada com as características da linha de água e distâncias à mesma, é compreensível esta classificação. O edifício foi construído em 1958, pelo que tem 56 anos, não tendo sido encontrado nenhuma informação de cheia até à data. No entanto, a sua localização torna-o, inevitavelmente, um foco de atenção para o caso de ocorrência de cheias e de atenção relativamente à degradação dos materiais por estarem continuamente expostos a agentes químicos e humidade.

O Igreja de São Pedro de Ferreira foi um dos Monumentos que se procedeu à alteração da linha de água, fazendo com que o risco de cheia aumentasse significativamente. A classificação de risco de cheia elevado para este edifício pode ser considerada excessiva atendendo à reduzida dimensão do curso de água que foi considerado. No entanto, já ocorreu uma cheia no local há cerca de vinte anos e é uma estrutura que apresenta sinais de humidade no pavimento, o que indica proximidade à toalha freática. Estes dados indicam que se devem ter cuidados e desenvolver medidas que minimizem os danos na ocorrência do fenómeno de cheia. Por esse motivo, a avaliação segundo este modelo pode ser aceite como válida.

5.3. CARTAS DE RISCO

A elaboração das cartas de risco tem como base as classificações de risco obtidas através do modelo multicritério apresentado no Capítulo 3 e otimizado no Capítulo 5. A elaboração do modelo de risco de cheia, resumidamente, compreendeu as seguintes etapas [5]:

- Seleção de uma amostra de 27 edifícios nacionais classificados, do Grande Porto, dos 397 Monumentos ao nível de Portugal Continental, avaliados em [5];
- Caracterização dos edifícios selecionados, consultando a informação disponível em várias plataformas e também recolhidas através da visita dos mesmos;
- Aplicação do modelo multicritério na sua formulação inicial aos Monumentos selecionados;
- Análise e crítica das classificações obtidas por aplicação do modelo;
- Reflexão e otimização dos critérios, pesos e ponderações atribuídas;
- Definição de novas categorias de risco;
- Aplicação do modelo otimizado aos edifícios selecionados.

Uma vez que os Monumentos escolhidos foram classificados quanto ao risco de cheia, recorreu-se ao programa QGIS para a elaboração de cartas de risco. Com o auxílio deste programa é possível gerar diversos mapas com graus de pormenor e escalas distintas. Num exercício para perceber estas funcionalidades, indica-se na Fig.5.8, a visualização de uma imagem via satélite Google, onde todas as camadas consideradas se encontram sobrepostas: os cursos de água e os Monumentos com a respetiva etiqueta e categoria de risco correspondente. Na Fig.5.9, encontra-se representado uma mapa do

distrito do Porto, onde algumas camadas foram retiradas, para a informação ser mais perceptível, visto que este mapa se encontra a uma menor escala.



Fig.5.8 – Exemplo de representação de um mapa de risco a maior escala

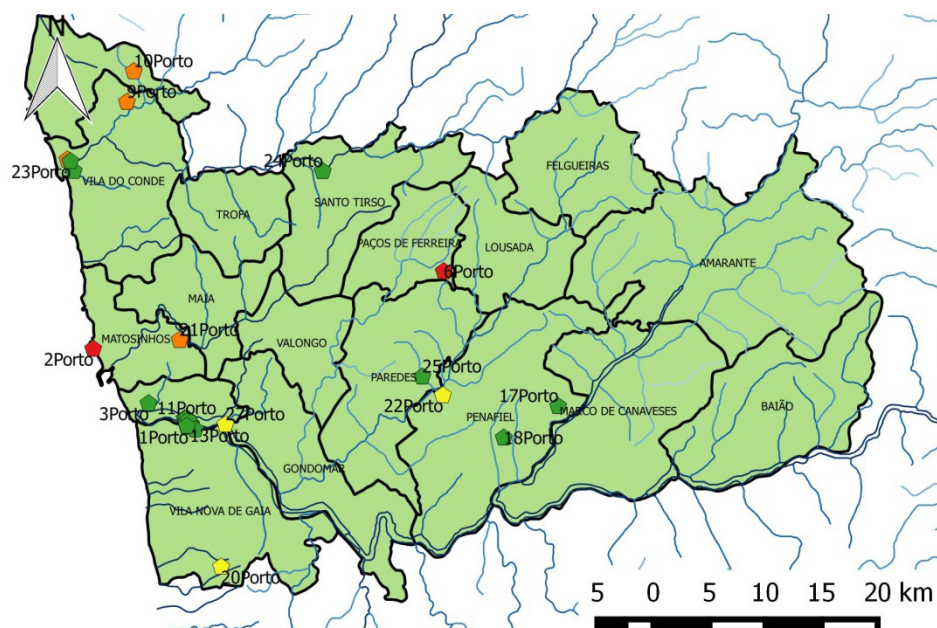


Fig 5.9 – Mapa do distrito do Porto

Tendo em conta que todos os Monumentos selecionados são do distrito do Porto, e não foram selecionados edifícios de todos os concelhos, não faz sentido apresentar mapas e comparação estatística de risco de cheia nos diversos concelhos do Porto.

Aproximadamente, mais de 60% dos Monumentos analisados no distrito do Porto apresentam um risco de cheia baixo. As categorias de risco moderado e médio têm a mesma expressividade, sendo que estas

duas categorias formam cerca de 30% da amostra. O risco elevado representa cerca de 7% da amostra (Fig.5.10).

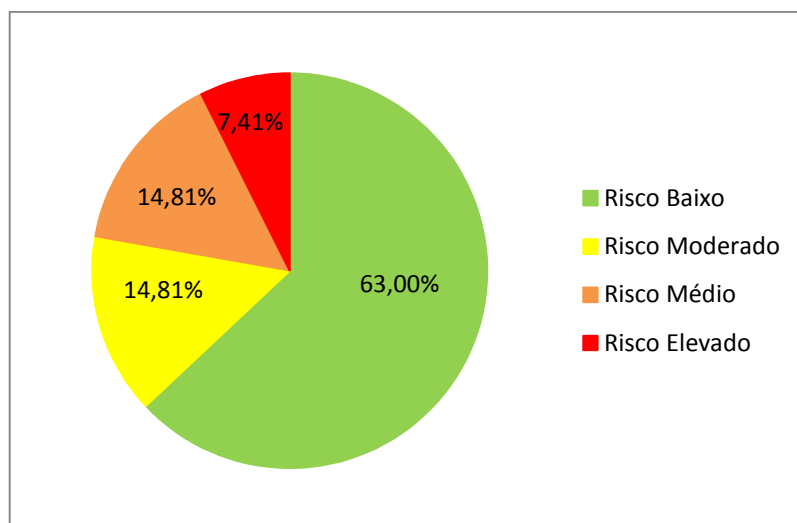


Fig.5.10 – Distribuição do risco no distrito do Porto

5.4. CONCLUSÕES

Da aplicação do modelo na sua formulação inicial à otimização, foi um processo que implicou sucessivos testes com a amostra de Monumentos selecionada, para que os resultados apresentados traduzissem a realidade. Nesse processo, verificou-se a existência de diversos parâmetros que assumem preponderância para o estudo do fenómeno de cheia, na medida em que podem majorar ou minorar o risco. Contudo, o carácter imprevisível e complexo que estes assumem por estarem relacionados com um fenómeno natural, manifesta-se na dificuldade em apurar dados precisos sobre os mesmos.

Ao nível da otimização optou-se por manter todos os fatores principais e secundários previamente considerados e a inclusão de um novo critério secundário relacionado com o estado de conservação atual do Monumento, associado ao fator principal A. Foram, então, considerados quatro fatores principais e 5 fatores secundários.

Para que os resultados que fossem concordantes com a localização e com os dados sobre o histórico de cheias recolhido, alteraram-se os intervalos de classificação atribuídos à distância à linha de água e à diferença de cota, reduzindo-se os intervalos, por forma a não agravarem tanto os resultados. No fator principal A, que diz respeito ao coeficiente de absorção de água dos materiais, reduziu-se a classificação máxima de 2 para 1,5, também no sentido de reduzir a influência de um aumento excessivo para materiais que apresentem sucção rápida.

Na redefinição das ponderações, considerou-se sensato e testou-se o aumento em 5% da ponderação atribuída aos fatores principais D_{LA} e Δh , reduzindo-se, portanto 5% na ponderação atribuída aos restantes fatores principais, LA e A. A condição de atribuição imediata de risco de cheia baixo, para edifícios com uma diferença de cota relativamente à linha de água, superior a 20 metros, foi excluída, pois para valores de Δh superiores a 10 metros corresponde a classificação de risco 1. Pelo facto de este ser o fator com maior ponderação (65%), a classificação de risco de “1”, faz com que tenha uma influência determinante para uma classificação final de risco de cheia do Monumento adequada.

Os resultados obtidos com esta nova formulação do modelo foram sensatos, pelo que permitem inferir que o modelo se encontra bem calibrado e está apto para ser aplicado a qualquer edifício, não obstante de se fazer uma análise crítica e individual dos resultados.

Os resultados podem ser representados através de cartas de risco de cheia que permitem uma avaliação visual imediata, da vulnerabilidade a que os Monumentos estão sujeitos, levando à tomada de soluções estratégicas adequadas.

As principais dificuldades encontradas estão relacionadas com o acesso detalhado da composição dos edifícios ao nível das propriedades dos materiais e histórico de cheias ocorridas, o que dificulta tanto na fase de aplicação do modelo, onde se têm que efetuar simplificações, como na fase de crítica dos resultados.

Para obtenção de dados sobre o histórico de cheias nos Monumentos, além da pesquisa bibliográfica e online, efetivou-se contactos ao nível dos departamentos camarários responsáveis pela gestão do Património, inquéritos a moradores e pessoal responsável pela manutenção, bem como os bombeiros. Não se obtiveram respostas de todos os órgãos contactados, mas os dados obtidos foram de grande valência para o balizamento das classificações de risco.

O desfasamento entre as camadas vetoriais e a imagem via satélite do Google, também constitui uma limitação, tendo-se verificado, nalguns casos, presencialmente, a não correspondência das medições.

De referir que quanto mais detalhadas forem as informações que se conseguirem obter, mais precisos serão os resultados e poderão até considerar-se outros parâmetros.

5.5. SÍNTESE DO CAPÍTULO

No Quadro 5.8, está resumida a informação relativa à otimização do modelo multicritério. No Anexo III, encontra-se a ficha de cada um dos 27 Monumentos Nacionais selecionados, e a respetiva classificação de risco.

Quadro 5.9 – Quadro síntese do Modelo Multicritério otimizado

Fatores Principais de Risco	Critério de Classificação de Risco		Fator Secundário Associado	Critério de Classificação de Risco		Ponderação
Distância horizontal à linha de água – D _{LA} (m)	1	D _{LA} > 100	-	-		25%
	1,5	10 < D _{LA} ≤ 100				
	2	D _{LA} ≤ 10				
Distância vertical à linha de água - Δh (m)	1	Δh >10	Presença de um obstáculo - Ob	[0,1 – 0,5]	Sim	65%
	1,5	3 < Δh ≤ 10	Localização num ponto baixo do vale	1	Não	
				1,2		
	2	Δh ≤ 3	Existência de pisos enterrados - PE	1,2	Sim	
				1	Não	
Tipo de Linha de água - LA	1	Tipo 4, 5 e 6	Localização face ao desenvolvimento da linha de água - Q	1	Início	5%
	1,5	Tipo 3		1	Meio	
	2	Tipo 1 e 2		2	Fim	
Coeficiente de absorção de água – A (kg/m ² s ^{1/2})	1	1 < 0,0333	Expansão hídrica - ΔL _H (mm/m)	1	ΔL _H ≤ 1	5%
				1,5	0,5 < ΔL _H ≤ 1	
				2	ΔL _H > 1	
	1,5	> 0,0333	Estado de conservação - C _M	1	Bom	
				1	Razoável	
				1,2	Mau	
$RC = 0,25D_{LA} + 0,65\Delta h \times PE \times Ob + 0,05LA \times Q + 0,05A \times \Delta L_H \times C_M$						
CATEGORIAS DE RISCO:			Risco Baixo RC ≤ 1,30			
			Risco Moderado 1,30 < RC < 1,60			
			Risco Médio 1,60 ≤ RC < 1,80			
			Risco Elevado RC ≥ 1,80			

A elaboração de cartas de risco de cheia possibilita a rápida identificação do grau de vulnerabilidade a que os edifícios localizados nas proximidades de cursos de água, e pela sua especificidade, se encontram numa situação de ocorrência de cheia.

A classificação de risco de cheia obtida através da aplicação do modelo permite que, no caso dos Monumentos que suscitem preocupação, por estarem mais vulneráveis, a tomada de medidas preventivas com o intuito de evitar ou minimizar os danos que esse fenómeno possa causar.

Da análise da carta de risco do distrito do Porto, para a amostra considerada, conclui-se que mais de 60% dos edifícios analisados apresenta risco baixo, sendo os outros Monumentos igualmente repartidos pelo risco moderado e médio, com uma percentagem de 14,8%. Os restantes 7,4% encontram-se classificados com risco de cheia elevado.

De seguida, apresenta-se a Carta de risco de cheia otimizada, do distrito do Porto para os 27 Monumentos seleccionados.

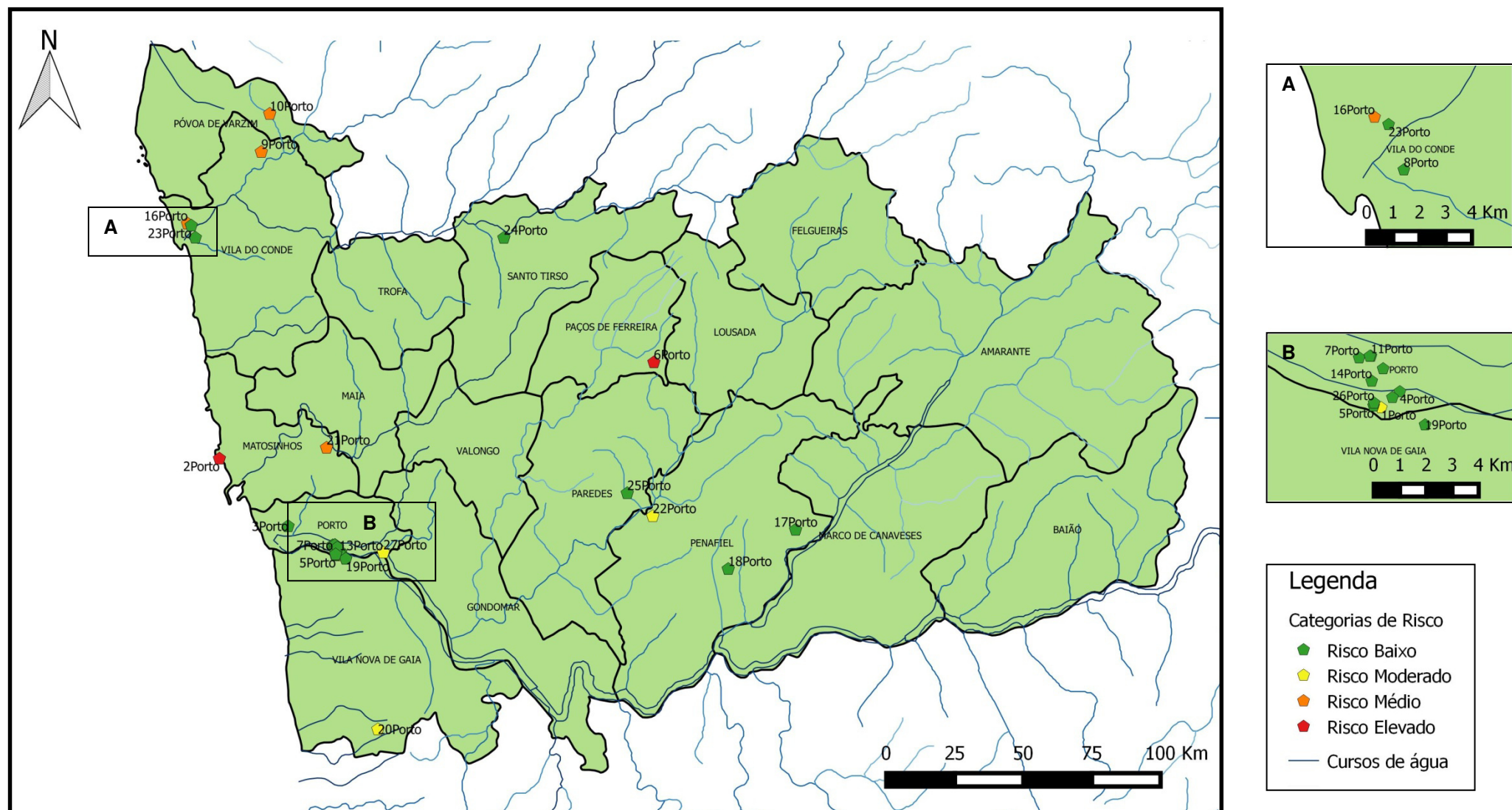


Fig.5.11 – Carta de risco de cheia para os 27 Monumentos seleccionada, do distrito do Porto

6

CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

6.1. CONCLUSÕES FINAIS

Com a implementação de disposições legislativas e regulamentares sobre a avaliação dos riscos de cheia, a elaboração de cartas de risco de cheia para o Património edificado assume cada vez maior preponderância, no sentido de se tomarem medidas que visem a preservação e mitigação dos danos provocados pelo fenómeno de cheia. Nesse sentido, foi desenvolvido o modelo de risco de cheia, alvo de análise na presente dissertação, que contempla vários fatores que agravam essa classificação de risco. O modelo foi aplicado a uma amostra de 27 Monumentos Nacionais, do Grande Porto, sendo posteriormente otimizado, chegando-se a resultados que o validam, concluindo-se que os objetivos inicialmente propostos foram cumpridos.

O processo de recolha de informação para a elaboração deste trabalho demorado. Tal, deve-se ao facto de a informação necessária provir de várias plataformas distintas. Os dados obtidos online foram os que aferiram menos dificuldade de obtenção, sendo nas informações mais detalhadas sobre as características dos Monumentos onde residiu a maior morosidade. Isso dependeu fundamentalmente duas situações:

- A procura de entidades possuidoras de informação relevantes, o contacto com as mesmas e a espera por respostas que contivessem dados como caracterização dos materiais utilizados nos Monumentos e o histórico de cheia;
- Disponibilidade de deslocação aos Monumentos, que nem sempre se revelou a mais solícita, pois nem todos são de fácil acesso para um trajeto que não seja feito através de veículo automóvel, por exemplo. Esse facto condicionou a escolha dos dias, provocando mesmo o adiamento em alguns casos.

Da análise do modelo de risco de cheia que serviu de base a esta dissertação, quando aplicada à amostra de edifícios considerada, conclui-se o seguinte:

- Por se considerarem mais fatores do que num modelo simplificado, faz com que apesar da atribuição das ponderações ser efetuada com base na análise do impacto que estes têm no risco de cheia, há a tendência de atribuir ponderações superiores àquelas que deveriam ser consideradas aos fatores que ainda não tinham sido estudados nos modelos simplificados desenvolvidos anteriormente, para que a sua influência seja, de certa forma, visível nos resultados;
- 10 Monumentos, dos 27 que compõem a amostra, apresentariam risco de cheia superior ao baixo se a condição dos Monumentos classificados automaticamente com risco de cheia baixo,

por apresentarem um valor de $\Delta h > 20$ metros, não fosse aplicada. Tal permite inferir que provavelmente há uma tendência do modelo apresentar valores mais gravosos do que os reais para os outros edifícios;

- A hierarquização dos fatores de risco, com a distinção entre fatores principais e fatores secundários, e as respetivas ponderações atribuídas, permite identificar os parâmetros que mais influenciam a análise de risco e são um ponto de partido bastante válido para se proceder a calibrações e otimizações;

Com base nas conclusões efetuadas, procedeu-se à otimização do modelo que contemplou:

- A revisão de todos os fatores e dos critérios, pesos e ponderações que lhes foram atribuídos;
- A redução dos intervalos de classificação de risco dos fatores principais D_{LA} e Δh . Considera-se que para valores de $D_{LA} > 100$ metros e $\Delta h > 10$ metros, corresponde uma classificação de risco para o fator de “1”;
- O aumento da ponderação dos fatores relacionados com as distâncias aos cursos de água, D_{LA} e Δh , em 5%. Isto resultou na diminuição em 5% nos restantes fatores principais, LA e A . Verificou-se que os resultados eram menos gravosos e mais consonantes com os dados do histórico de cheia recolhidos para alguns Monumentos;
- A diminuição da classificação máxima para o fator A , pois apesar de ser relevante no impacto que a água tem nos materiais, majorava em excesso a classificação final;
- A majoração em 20% o fator secundário Op , se o Monumento se encontrar num ponto baixo de um vale;
- A consideração de um novo fator secundário, associado ao fator principal A , que visa a majoração deste fator em 50%, se o Monumento estiver em mau estado de conservação, pois isso coloca-o mais vulnerável à penetração e às deteriorações causadas pela água;
- A atribuição de novas classificações de risco de cheia, que traduzem uma melhor leitura dos resultados;

Da análise dos resultados obtidos pela aplicação do modelo multicritério otimizado, conclui-se que estes são relacionáveis tanto com os dados recolhidos sobre o histórico de cheia nos Monumentos, e com a vulnerabilidade que apresentam. Na Fig.6.1, apresenta-se uma representação esquemática, em que se comparam quantitativamente os valores obtidos pela aplicação da fórmula de cálculo do risco de cheia antes e depois da otimização. Apesar do modelo, antes da otimização, estar munido da condição de não aplicar a fórmula de cálculo para os Monumentos com uma diferença de cota em relação à linha de água superior a 20 metros, a sua transgressão foi útil para ter a noção que dos 27 Monumentos, 11 seriam classificados com risco superior ao baixo, caso não existisse. Tendo sido esse o ponto de partida, no sentido de compreender quais os critérios, os pesos e ponderações que poderiam estar na origem do agravamento dos resultados que se estendia à restante amostra. Apenas 1 Monumento apresenta o risco de cheia superior na otimização relativamente à formulação inicial. No entanto, é um aumento muito reduzido e quase impercetível, por contraste às reduções, em alguns casos, bastante significativas de risco de cheia.

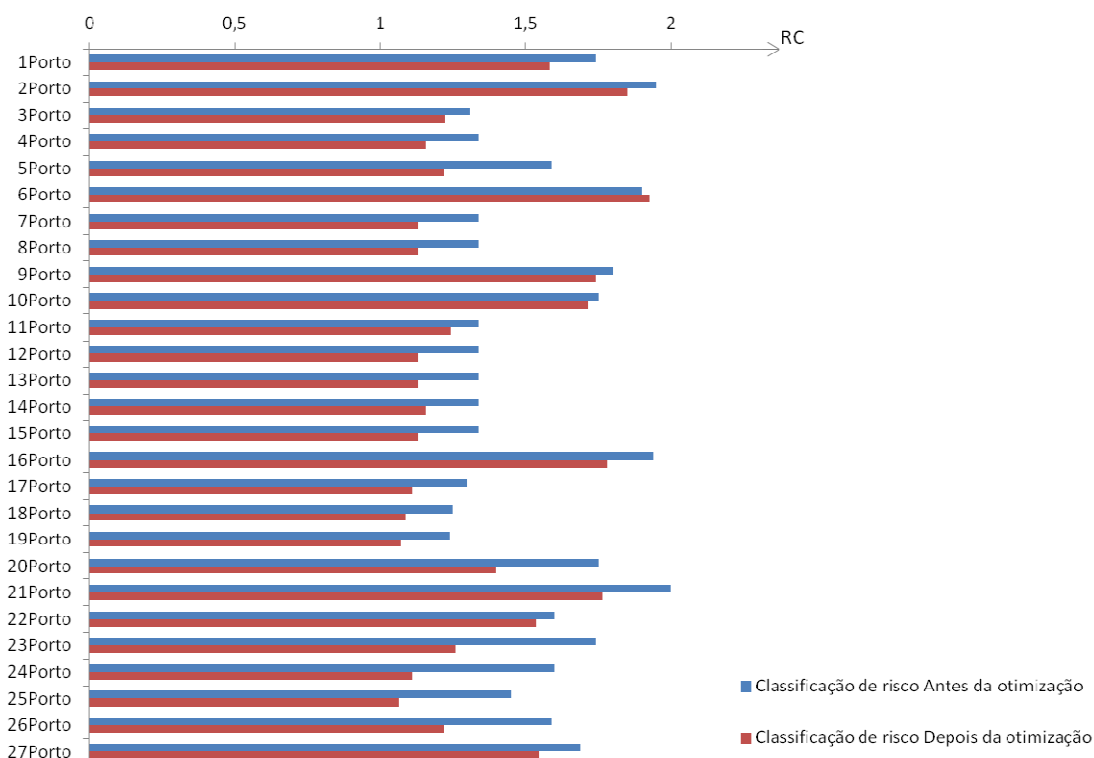


Fig.6.1 – Comparação dos resultados do risco de cheia por aplicação da fórmula de cálculo de risco para o Modelo Multicritério antes e depois da otimização

As principais limitações detetadas durante a aplicação do modelo foram:

- A falta de informação disponível sobre algumas das características, nomeadamente alguns materiais utilizados na construção, pois 26 dos 27 Monumentos considerados foram construídos até ao séc.XX;
- A correspondência dos materiais com os valores recolhidos para o coeficiente de absorção de água e a expansão hídrica aquando da formulação inicial do modelo é subjetiva, pois para se ter valores mais precisos, seria necessário fazer-se ensaios com os materiais para se obterem estas características;
- As diferenças de precisão nas camadas utilizadas no *software* QGIS, fazem com que haja eventualmente alguns erros de medição de distâncias, acrescido dos erros resultantes das medições das linhas de água que se encontravam em período seco ou estão canalizadas.

No que diz respeito à distribuição do risco na amostra de Monumentos do Grande Porto analisados, mais de 60% apresenta risco baixo, sendo os outros Monumentos igualmente repartidos pelo risco moderado e médio e elevado, sendo que o risco elevado é o menos representativo dos três.

É essencial a existência de consciencialização social para o fenómeno das cheias e de como estas podem afetar de forma irreversível o Património edificado que é um testemunho sedimentado dos modos de vida do homem, não só daqueles que o conceberam, mas também dos que ali viveram através dos tempos e lhe conferiu novos usos e significados. Sendo, por isso, fundamental a existência de medidas preventivas e de proteção do Património, para que seja possível mitigar os eventuais danos provocados pelas cheias.

6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Na sequência deste trabalho, a fim de melhorar os critérios de risco apresentados, sugerem-se os seguintes desenvolvimentos:

- Criar inventários do Património Monumental mais completos, sobretudo relativamente aos materiais utilizados e fazer o registo do histórico de cheia;
- Desenvolver uma base de dados mais abrangente para o coeficiente de absorção de água e para a expansão hídrica;
- Proceder a um levantamento mais exaustivo da rede hidrológica portuguesa, de forma a possibilitar uma melhor caracterização da drenagem dos cursos de água e, consequentemente aumentar a precisão de risco LA;
- Conseguir uma maior precisão na medição da diferença de altura entre o edifício e a linha de água, assim como, a sua distância a esta, encontrando ou desenvolvendo camadas que apresentem o mesmo nível de precisão;
- Incorporar a possibilidade de que o curso de água pode apresentar um fluxo sazonalmente variável;
- Estudar a topografia em torno do Monumento e da linha de água considerada;
- Proceder à recolha de informação sobre nível freático no terreno em que o Monumento está implantado;
- Proceder, se possível, à determinação experimental dos valores de A e Δh , através da recolha de material ou análise de material análogo;
- Aplicar o modelo a Monumentos sobre os quais existem dados sobre o histórico de cheias e sobre a constituição dos edifícios;
- Aplicar o modelo de risco de cheia a Património edificado de outros locais do país ou até mesmo num país diferente, para validar e ajustar os critérios, os pesos e as ponderações atribuídas aos fatores de risco considerados;
- Avaliar a pertinência da consideração imediata do risco de cheia baixo para $\Delta h > 20$ metros;
- Estudar e determinar do período de retorno de cheia para as áreas onde se localizam os Monumentos para se ter dados mais concretos da probabilidade de cheia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Decreto-Lei n.º 115/2010 de 22 de Outubro – Avaliação e gestão dos riscos de inundações, Diário da República, 1.ª série – N.º 206.
- [2] Decreto-Lei n.º 364/98 de 21 de Novembro – Diário da República, 1.ª série – N.º 270.
- [3] Decreto-Lei n.º 54/2005 de 24 de Novembro – Diário da República, 1.ª série – N.º 219.
- [4] Velhas, E. *As cheias na área urbana do Porto. Risco, percepção e ajustamentos*. Territorium, 1997. Disponível em: http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T04_artg/As_cheias_na_area_urbana_do_porto__Edite_Velhas.pdf. Acedido a 5 de Outubro de 2014.
- [5] Dias, A. *Análise de Risco de Cheia: Desenvolvimento de um modelo aplicado ao Património Nacional*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - FEUP, 2014.
- [6] http://www.dn.pt/inicio/portugal/interior.aspx?content_id=2907104&page=-1. Acedido a 18 de Outubro de 2014
- [7] Ministério do Ambiente, do Ornamento do Território e do Desenvolvimento Regional. *Cartografia de Risco de Incêndio Florestal. Relatório do Distrito do Porto*. 2007. Disponível em: http://www.dgterritorio.pt/filedownload.aspx?schema=f7664ca7-3a1a-4b25-9f46-2056eef44c33&channel=adab3c46-b36f-437d-a04f-cba7c3b3664e&content_id=EB2E1E0C-2FE8-4BEE-A67F-74138D6CF298&field=storage_image&lang=pt&ver=1&filetype=zip&dtestate=2013-11-01102620. Acedido a 6 de Outubro de 2014.
- [8] Autoridade Nacional de Protecção Civil. *Avaliação Nacional de Risco*. 2014. Disponível em: <http://www.prociv.pt/RiscosVulnerabilidades/Documents/Avalia%C3%A7%C3%A3o%20Nacional%20de%20Risco.pdf>. Acedido a 10 de Outubro de 2014.
- [9] Ribeiro, O.; Lautensach, H.; Daveau, S. *Geografia de Portugal. II: O ritmo climático e a paisagem*, Lisboa, Ed. Sá da Costa, 1994.
- [10] http://www.monumentos.pt/Site/APP_PagesUser/SitePageContents.aspx?id=3528f11c-be07-4088-91be-4f8ed78738c9. Acedido a 30 de Setembro de 2014
- [11] Decreto-Lei n.º 107/2001 de 8 de Setembro, Diário da República, 1.ª série – N.º 209.
- [12] Sousa, H. *A Construção da Antiguidade aos Nossos Dias*. Disponível em: <http://paginas.fe.up.pt/~earpe/conteudos/TPPC/REFERENCIAHISTORICA2007.pdf>. Acedido a 1 de Novembro de 2014.
- [13] Sousa, H. *Apontamentos de Construções em Alvenaria*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP. 2002
- [14] Freitas, V.P; Torres, M. I., et al. *Humidade Ascensional*. FEUP Edições. Porto, 2008.
- [15] Mukhopadhyaya, P., Kumaran, K., Normandin, N., Goudreau, P. *Effect of surface temperature on water absorption coefficient of building materials*. Journal of Thermal Envelope and Building Science, Vol. 26, n.º 2, p. 179-195 (2002).
- [16] Brown, W. C.; Dietrich, M.; Latimer, M. *Assessing the impact of thickness on the performance of stucco cladding*. Technical Series 04-123. Research Highlight, Mortgage and Housing Corporation, Ottawa, Canada, 2004.

- [17] Flores-Colen, I. *Metodologia de Avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva*. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2009.
- [18] Arriaran, I., *Caracterización Higroscópica de Materiales de Construcción: Arcilla Aligerada y Picón.*, Dissertação de Doutoramento, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones de Bilbao, 2006.
- [19] Hiziroglu, S. Dimensional Changes in Wood. Disponível em: <http://dasnr22.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Version-3618/F-5009web.pdf>. Acedido a 5 de Novembro de 2014.
- [20] Siedel, H. *Historic building stones and flooding: changes of physical properties due to water saturation*. Journal of performance of constructed facilities, Vol. 24, n.º 5, p.452 (2010)
- [21] Begonha, A. *Meteorização do granite e deterioração da pedra em monumentos e edifícios da cidade do Porto*. FEUP Edições. Porto, 2001.
- [22] Magalhães Teixeira, D. *Inspecção, diagnóstico e controle da ascensão capilar de águas do terreno pelas alvenarias: aplicação na igreja de Cidadelhe*, Dissertação de Mestrado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro – UTAD, 2008
- [23] http://www.civil.uminho.pt/lftc/Textos_files/construcoes/cp2/Cap.%20V%20-%20Impermeabiliza%C3%A7%C3%B5es.pdf. Acedido a 26 de Outubro de 2014.
- [24] Ramos, C. *Perigos Naturais Devidos a Causas Meteorológicas: O Caso das Cheias e Inundações*. Edições Universitárias Lusófonas. 2014.
- [25] Julião, R. P., Nery, F., Ribeiro, J. L., Branco, M. C., Zêzere, J. L. Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base Municipal. Autoridade Nacional de Proteção Civil, 2009. Disponível em: http://www.proteccaocivil.pt/Documents/guia_metodologico_SIG.pdf. Acedido a 11 de Outubro de 2014.
- [26] Quaresma, I. *Inventariação e análise de eventos hidro-geomorfológicos com carácter danoso em Portugal Continental*, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, 2008.
- [27] <https://m.facebook.com/PortoDesaparecido/photos/a.334122469976295.89949.332201940168348/418695008185707/?type=1&source=46&refid=17>. Acedido em 15 de Novembro de 2014.
- [28] <http://www.publico.pt/local/noticia/onda-varre-varios-carros-e-deixa-pessoas-feridas-na-foz-do-porto-1618604>. Acedido a 15 de Novembro de 2014.
- [29] Choay, F. *L'allégorie du patrimoine*. Editions du Seuil, Paris, 1992.
- [30] Romão, X., Paupério, E. *Simplified method for risk analysis in cultural heritage assets*, Cultural HELP, Porto, 2014.
- [31] Freitas, V. P., Quintela, M., Ramos, N., Guimarães, A., Machado, N., Alves, S. Patrimoine Culturel et Risques Naturels: Les Méthodologies D'évaluation et Réduction des Risques Volcaniques, Biologiques et Hygrothermiques. In *Le risque Hygrothermique, Projet NOÉ, Sous-projet Metanir*, 86-126, 2007.
- [32] Barbosa, M. F. C., Guimarães, A. S., Delgado, J. M. P. Q., Freitas, V. P. *Rising damp in Cultural Heritage – evaluation of flood risk criterion*, Cultural HELP 2014 Cultural Heritage and Loss Prevention, Porto, 2014.

- [33] <http://www.monumentos.pt/>. Acedido a 14 de Setembro de 2014.
- [34] <http://snirh.apambiente.pt>. Acedido a 13 de Dezembro de 2014.
- [35] <http://www.igespar.pt>. Acedido a 15 de Setembro de 2014.
- [36] DIN 4108-4: *Thermal Insulation in Buildings – Part 4: Characteristic Values Relating to Thermal Insulation and Protection Against Moisture*. Germany, 1995
- [37] Guimarães Teixeira, A. S. Dimensionamento de sistemas de ventilação da base das paredes para tratamento da humidade ascensional, Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP, 2011.
- [38] <https://www.facebook.com/viladoconde/posts/114624718582513>. Acedido a 3 de Janeiro de 2015

ANEXO I

LISTA DOS MONUMENTOS SELECCIONADOS

Código	Monumento	Distrito	Concelho	Coordenadas		Distância horizontal à linha de água -D _{LA} (m)	Diferença de cotas entre o edifício e a linha de água - Δh (m)	Linha de água	Tipo de linha de água
				x	y				
1Porto	Casa do Infante	Porto	Porto	8,6144583	41,1407667	78	12	Oceano	Principal
2Porto	Casa de Chá da Boa Nova	Porto	Matosinhos	-8,715069	41,202966	40	2	Rio Douro	Principal
3Porto	Casa de Serralves	Porto	Porto	-8,656371	41,159495	1320	43	Rio Douro	Principal
4Porto	Sé do Porto	Porto	Porto	-8,611282	41,14283	250	54	Rio Douro	Principal
5Porto	Igreja de São Francisco	Porto	Porto	-8,615767	41,140989	100	12	Rio Douro	Principal
6Porto	Igreja de São Pedro de Ferreira	Porto	Paços de Ferreira	-8,34349	41,264823	4	0	Ribeiro	Afluente
7Porto	Hospital de Santo António	Porto	Porto	-8,618235	41,147186	570	69	Rio Douro	Principal
8Porto	Igreja de Azurara	Porto	Vila do Conde	-8,735717	41,344851	650	24	Rio Ave	Principal
9Porto	Igreja de São Cristovão de Rio Mau	Porto	Vila do Conde	-8,679243	41,39982	534	3	Rio Este	Afluente
10Porto	Igreja de São Pedro de Rates	Porto	Póvoa do Varzim	-8,67205	41,424225	250	3	Ribeiro Porralhos	Afluente
11Porto	Igreja do Carmo	Porto	Porto	-8,61622	41,147403	700	69	Rio Douro	Principal
12Porto	Igreja das Carmelitas	Porto	Porto	-8,6164028	41,1473972	683	69	Rio Douro	Principal
13Porto	Igreja dos Grilos	Porto	Porto	-8,612548	41,142087	184	41	Rio Douro	Principal
14Porto	Igreja de São Bento da Vitória	Porto	Porto	-8,61609	41,144194	422	64	Rio Douro	Principal
15Porto	Igreja eTorre dos Clérigos	Porto	Porto	-8,614135	41,145788	650	63	Rio Douro	Principal
16Porto	Igreja Matriz de Vila do Conde	Porto	Vila do Conde	-8,742388	41,35387	312	-2	Rio Ave	Principal
17Porto	Igreja Paroquial de Abragão	Porto	Penafiel	-8,222274	41,157218	1038	141	Albufeira do Torro	Principal
18Porto	Igreja Paroquial de Cabeça Santa	Porto	Penafiel	-8,279886	41,131969	655	41	Ribeira Laje	Afluente
19Porto	Mosteiro da Serra do Pilar	Porto	Vila Nova de Gaia	-8,60698	41,13856	120	60	Rio Douro	Principal
20Porto	Mosteiro de São Salvador	Porto	Vila Nova de Gaia	-8,579515	41,028711	343	5	Rio Granja	Principal
21Porto	Mosteiro de Leça do Balio	Porto	Matosinhos	-8,623457	41,209957	125	0	Rio Leça	Principal
22Porto	Mosteiro de Paço de Sousa	Porto	Penafiel	-8,344452	41,165918	61	4	Ribeiro Gamuz	Afluente
23Porto	Mosteiro de Santa Clara	Porto	Vila do Conde	-8,739184	41,352612	90	20	Rio Ave	Principal
24Porto	Mosteiro de Santo Tirso	Porto	Santo Tirso	-8,471779	41,344724	170	15	Rio Ave	Principal
25Porto	Mosteiro de São Pedro do Cete	Porto	Paredes	-8,366247	41,180754	370	11	Ribeira Baltar	Afluente
26Porto	Palácio da Bolsa	Porto	Porto	-8,615686	41,141369	145	17	Rio Douro	Principal
27Porto	Palácio do Freixo	Porto	Porto	-8,574853	41,142563	49	10	Rio Douro	Principal

ANEXO II

MODELO DE RISCO DE CHEIA

Código	Nome	DADOS						CRITÉRIOS								Risco de Cheia	
		D _{LA} (m)	Δh (m)	LA (Kg/m ² .s ^{1/2})	A (mm/m)	ΔL _H (mm/m)	Ob (m)	D _{LA}	Δh	LA	A	PE	Ob	Q	ΔL _H		C _M
1Porto	Casa do Infante	78	12	1	0,228	>1	0	1,5	1,5	2	2	1	1	1,2	1,5	1	1,58
2Porto	Casa de Chá da Boa Nova	40	2	1	0,01	>1	0	1,5	2	2	2	1	1	1	1,5	1	1,85
3Porto	Casa de Serralves	1320	43	1	0,0117	>1	1	1	1	2	2	1,2	1	1,2	1,5	1	1,23
4Porto	Sé do Porto	250	54	1	0,228	>1	0	1	1	2	2	1	1	1,2	1,5	1,2	1,16
5Porto	Igreja de São Francisco	100	12	1	0,012	>1	0	1,5	1	2	2	1	1	1,2	1,5	1	1,22
6Porto	Igreja de São Pedro de Ferreira	4	0	4	0,25	0,01-0,2	0	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1,93
7Porto	Hospital de Santo António	570	69	1	0,228	>1	0	1	1	2	2	1	1	1,2	1,5	1	1,13
8Porto	Igreja de Azurara	650	24	1	0,228	>1	0	1	1	2	2	1	1	1,2	1,5	1	1,13
9Porto	Igreja de São Cristovão de Rio Mau	534	3	2	0,25	0,01-0,2	0	1	2	2	2	1	1	1	1	1,2	1,74
10Porto	Igreja de São Pedro de Rates	250	3	3	0,25	0,01-0,3	0	1	2	1,5	1,5	1	1	1	1	1,2	1,72
11Porto	Igreja do Carmo	700	69	1	0,228	>1	0	1	1	2	2	1	1	1	1,5	1	1,13
12Porto	Igreja das Carmelitas	683	69	1	0,01-0,25	>1	0	1	1	2	2	1	1	1,2	1,5	1	1,13
13Porto	Igreja dos Grilos	184	41	1	0,228	>1	0	1	1	2	2	1	1	1,2	1,5	1	1,13
14Porto	Igreja de São Bento da Vitória	422	64	1	0,01-0,25	>1	0	1	1	2	2	1	1	1,2	1,5	1,2	1,16
15Porto	Igreja e Torre dos Clérigos	650	63	1	0,228	>1	0	1	1	2	2	1	1	1,2	1,5	1	1,13
16Porto	Igreja Matriz de Vila do Conde	312	-2	1	0,25	>1	0	1	2	2	2	1	1	1,2	1,5	1	1,78
17Porto	Igreja Paroquial de Abragão	1038	141	1	0,25	>1	0	1	1	2	2	1	1	1	1,5	1	1,11
18Porto	Igreja Paroquial de Cabeça Santa	655	41	3	0,228	>1	0	1	1	1,5	1,5	1	1	1	1,5	1	1,09
19Porto	Mosteiro da Serra do Pilar	120	60	1	0,012	0,05-0,3	0	1	1	2	2	1	1	1,2	1	1	1,07
20Porto	Mosteiro de São Salvador	343	5	1	0,012	>1	0	1	1,5	2	2	1	1	1	1,5	1	1,40
21Porto	Mosteiro de Leça do Balio	125	0	1	0,228	>1	0	1	2	2	2	1	1	1	1,5	1	1,76
22Porto	Mosteiro de Paço de Sousa	61	4	4	0,25	>1	0	1,5	1,5	1	1	1	1	1	1,5	1,2	1,54
23Porto	Mosteiro de Santa Clara	90	20	1	0,25	>1	0	1,5	1	2	2	1	1	1,2	1,5	1	1,26
24Porto	Mosteiro de Santo Tirso	170	15	1	0,15-0,25	>1	0	1	1	2	2	1	1	1	1,5	1	1,11
25Porto	Mosteiro de São Pedro do Cete	370	11	3	0,228	0,01-0,3	0	1	1	1,5	1,5	1	1	1	1	1,2	1,07
26Porto	Palácio da Bolsa	145	17	1	0,012	>1	0	1,5	1	2	2	1	1	1,2	1,5	1	1,22
27Porto	Palácio do Freixo	49	10	1	0,012	>1	0	1,5	1,5	2	2	1	1	1,2	1,5	1	1,55

ANEXO III

FICHAS DOS MONUMENTOS^(*)

^(*) O conteúdo das fichas foi baseado nos inventários do Sistema de Informação para o Património Arquitetónico – SIPA e na visita dos Monumentos em questão. O risco de cheia foi determinado através da aplicação do modelo otimizado desenvolvido no presente trabalho.

1PORTO – Casa do Infante

Data de construção: Séc. XIV / XVII

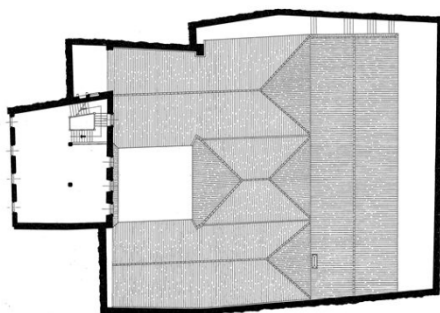
Localização: Porto, Porto, União das freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória

Coordenadas: 41.1407667 -8.6144583

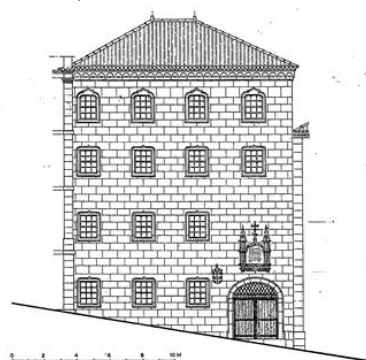
Utilização atual: Cultural



Plantas, alçados e cortes:



1 – Planta



2 – Alçado Principal

Descrição: O primitivo edifício foi construído na primeira metade do séc. XIV, sendo destinado a Alfândega Régia e habitação dos seus oficiais. Constituído por duas torres ameadas separadas por um pátio central, era o edifício de arquitetura civil mais importante da zona ribeirinha. Segundo a tradição, teria nascido nesta casa o Infante D. Henrique, em 1394. Com grandes obras de remodelação no séc XVII, a Alfândega manteve-se neste local durante mais de 500 anos. Possui uma altura de cerca de 17,2 metros, constituído por 4 pisos, não sendo nenhum deles enterrado.

Enquadramento: Localiza-se em pleno Centro Histórico, na zona ribeirinha, com a fachada principal virada a uma rua de pendor acentuado que desce da Praça do Infante D. Henrique para o Largo do Terreiro a partir do qual se tem acesso ao Cais da Estiva junto do rio Douro.

Materiais utilizados: Granito, betão, madeira de castanho, cantaria e juntas de argamassa de cimento.

Condições atuais do Monumento: Apresenta-se num bom estado de conservação, não apresentando patologias visíveis.

Registo de cheias: Não há registo de cheias a atingirem o edifício.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização: 1,74

RISCO DE CHEIA:

Moderado

Depois da otimização: 1,58

2PORTO – Casa de Chá da Boa Nova

Data de construção: Séc. XX

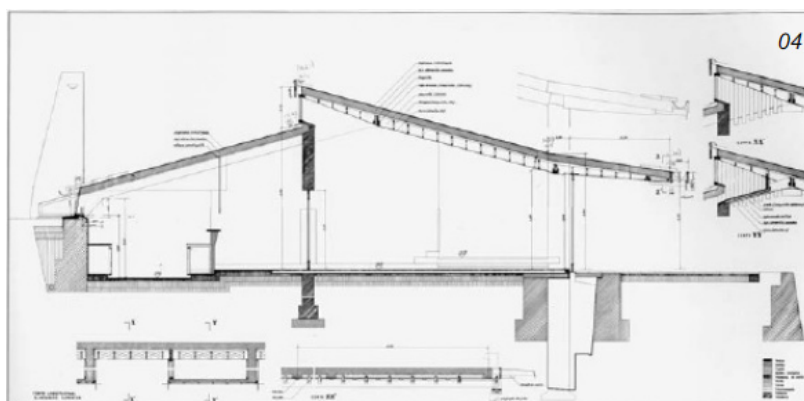
Localização: Porto, Matosinhos, União das freguesias de Matosinhos e Leça da Palmeira

Coordenadas: 41.202966 -8.715069

Utilização atual: Estabelecimento de restauração



Plantas, alçados e cortes:



1 – Perfis

Descrição: O projeto da obra foi entregue ao arquiteto Fernando Távora que o entregou a um dos seus colaboradores, Álvaro Siza Vieira, então numa fase inicial da sua carreira. Em 1963, davam-se por terminadas as obras de construção do edifício. Edifício de planta retangular, irregular, assente sobre plataforma de betão armado, com coberturas diferenciadas em telhados de uma e duas águas. Apresenta fachadas pouco destacadas, integradas no rochedo, sendo até disfarçadas com este.

Enquadramento: Marítimo, isolado, a cerca de dois metros do mar, ergue-se sobre as rochas, perfeitamente harmonizada com a paisagem.

Materiais utilizados: Estrutura de betão, rebocada e pintada de branco e à vista; tetos e pavimentos de madeira; caixilharias de madeira com vidro simples; cobertura em telha.

Condições atuais do Monumento: Apresenta-se num bom estado de conservação, não apresentando patologias visíveis.

Registo de cheias: Não há registo de cheias a atingirem o edifício.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização: 1,95

RISCO DE CHEIA:

Elevado

Depois da otimização: 1,85

3PORTO – Casa de Serralves

Data de construção: Séc. XIX / XX

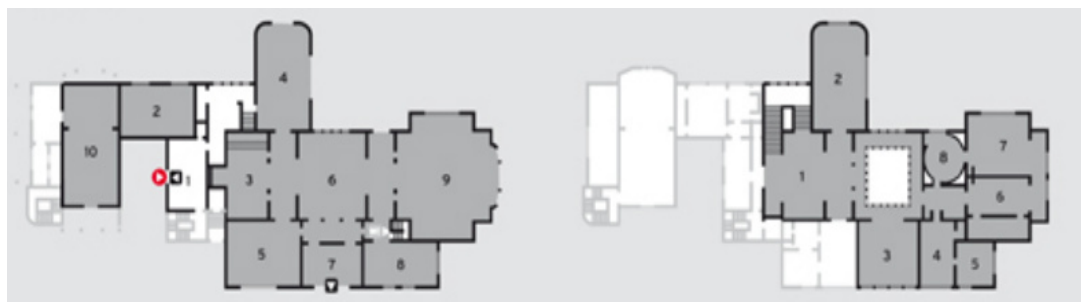
Localização: Porto, Porto, União das freguesias de Lordelo do Ouro e Massarelos

Coordenadas: 41.159495 -8.6563371

Utilização atual: Cultural



Plantas, alçados e cortes:



1 – Plantas do Piso 0 e Piso 1

Descrição: Atualmente conhecida como Casa de Serralves, sede da fundação com o mesmo nome, foi originalmente a habitação portuense do segundo Conde de Vizela, Carlos Alberto Cabral, cujas obras estiveram concluídas em 1940. A casa é um edifício com 3 pisos, sendo um deles a cave, cuja planta se articula ainda com o corpo da capela, definindo uma zona de pátio aberto.

Enquadramento: Implanta-se numa área atualmente muito urbanizada, envolvida a N. pela R. de Serralves. Para O. localiza-se uma zona residencial de luxo e para S. e E. terrenos completamente ocupados por bairros de habitação social. A Casa de Serralves destaca-se na envolvente pela grande área verde de jardim e zona agrícola incluídas no Parque.

Materiais utilizados: Paredes exteriores de alvenaria rebocadas a areado fino; paredes interiores de alvenaria rebocadas com acabamento estanhado; tetos com acabamento estucado; cobertura em estrutura de madeira e revestida a telha de barro; revestimentos de pavimentos em mármore e taco de madeira; caixilharias exteriores em ferro pintado; portas interiores em madeira pintada.

Condições atuais do Monumento: Apresenta-se num bom estado de conservação, não apresentando patologias ou degradação de materiais que mereçam ser mencionadas.

Registo de cheias: Não há registo de cheias a atingirem o edifício.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização: 1,31

RISCO DE CHEIA:

Baixo

Depois da otimização: 1,23

4PORTO – Sé do Porto

Data de construção: Séc. XII / XIII / XIV / XV / XVI / XVII / XVIII / XX

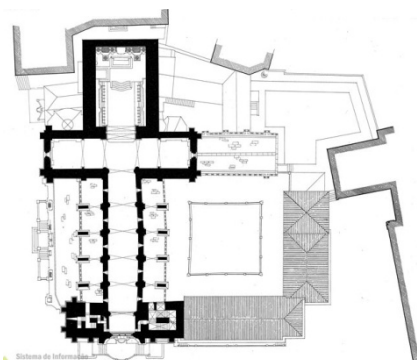
Localização: : Porto, Porto, União das freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória

Coordenadas: 41.14283 -8.611282

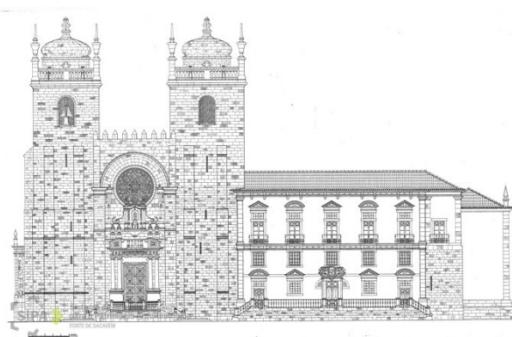
Utilização atual: Religiosa e Cultural



Plantas, alçados e cortes:



1 – Planta



2 – Alçado Principal

Descrição: Apresenta uma arquitetura religiosa românica, gótica, maneirista e barroca. Catedral de construção românico-gótica com igreja com planta em cruz latina, composta por três naves escalonadas de cinco tramos definidos por pilares cruciformes fasciculados, transepto saliente e cabeceira tripartida. Possui vários corpos adossados, formando a Casa do Cabido, sacristia, capelas várias, e dois claustros, o velho e o Gótico, quadrangular, de dois pisos, adossado a S.

Enquadramento: Urbano, isolado, destacado em elevação no Morro da Pena Ventosa, com terreiro fronteiro denominado Terreiro de D. Afonso Henriques.

Materiais utilizados: Estrutura de granito aparente ou rebocada e pintada; granito do Porto (de duas micas com predomínio de moscovite sobre biotite, de grão médio, por vezes ligeiramente orientado); mármore em pavimentos; lousa em pavimentos do claustro; portas de madeira e juntas de argamassas de cal e cimento.

Condições atuais do Monumento: Interiormente apresenta-se em boas condições de conservação. Exteriormente apresenta eflorescências, placas, crosta negra e a alguns elementos da fachada e a cobertura de telhas exibem colonização biológica com alguma preponderância.

Registo de cheias: Não há registo de cheias a atingirem o edifício.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização:1,34

RISCO DE CHEIA:

Baixo

Depois da otimização: 1,16

5PORTO – Igreja de São Francisco

Data de construção: Séc. XIV / XV / XVI / XVIII

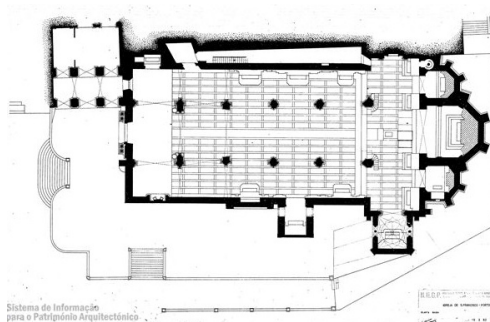
Localização: Porto, Porto, União das freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória

Coordenadas: 41.140989 -8.615767

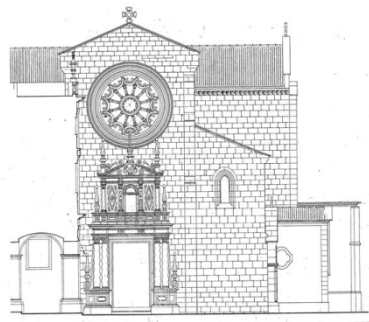
Utilização atual: Religiosa



Plantas, alçados e cortes:



1 – Planta



2 – Alçado Principal

Descrição: Apresenta a estrutura de um templo gótico, com reminiscências do estilo românico, com planta em cruz latina, 3 naves escalonadas de 4 tramos, definidos por arcos quebrados sobre pilares cruciformes, cobertas em madeira, transepto saliente e cabeceira tripla de planta poligonal e abóbada de nervuras também escalonada. Da frontaria salienta-se a rosácea e o portal, este edificado já nos séc. XVII-XVIII em estilo barroco. O interior é revestido a talha dourada da mesma época.

Enquadramento: Localiza-se em pleno centro histórico do Porto, perto do Rio Douro, numa plataforma elevada

Materiais utilizados: Estrutura em granito aparente; portas, caixilharias, estrutura da cobertura, pavimento e mobiliário em madeira; grades de ferro; revestimento interior com azulejos; retábulos, púlpitos, sanefas e forro da cobertura em madeira entalhada a dourado; cobertura exterior de telha.

Condições atuais do Monumento: Interiormente apresenta-se em boas condições de conservação. Exteriormente apresenta, placas, crosta negra e a alguns elementos da fachada e a cobertura de telhas exibem colonização biológica.

Registo de cheias: Não há registo de cheias a atingirem o edifício.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização: 1,59

RISCO DE CHEIA:

Baixo

Depois da otimização: 1,22

6PORTO – Igreja de São Pedro de Ferreira

Data de construção: Séc. XVII / XVIII / XX

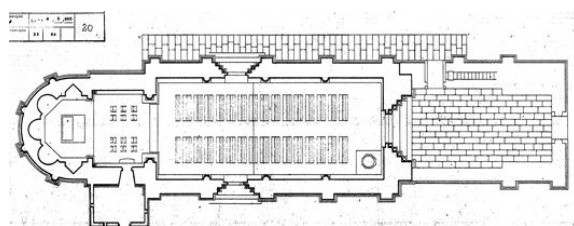
Localização: Porto, Paços de Ferreira, Ferreira

Coordenadas: 41.264823 -8.34349

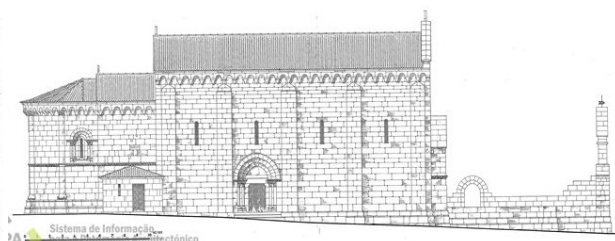
Utilização atual: Religiosa



Plantas, alçados e cortes:



1 – Planta



2 – Fachada Norte da Igreja

Descrição: Convento do qual subsiste a atual igreja iniciou a sua construção no final do séc. XII. Em 1281, o Mosteiro passou para a posse dos Beneditinos, que empreenderam, então, a construção que ainda se observa na atualidade. É um dos mais cuidados monumentos do românico português, em que o pórtico principal está inserido em corpo pentagonal.

Enquadramento: Encontra-se em ambiente urbano, isolado, implantado em vale aberto, rodeado por casas unifamiliares dispersas, campos agrícolas e casais rurais.

Materiais utilizados: Estrutura de cantaria de granito aparente; granito em muros de vedação e pavimentos da envolvente, modinaturas, arcos, pilares/colunas, arcos botantes / contrafortes, cunhais, soco, pavimentos e coberturas interiores; calcário branco em pavimentos da envolvente; madeira na estrutura da cobertura, portas; telha cerâmica na cobertura; vidro simples e colorido nas janelas; juntas de argamassa de cal.

Condições atuais do Monumento: Exteriormente apresenta maioritariamente eflorescências, filmes negros e crostas negras. No interior, há sinais de humidade nas paredes e pavimento.

Registo de cheias: Há registo de uma cheia ocorrida há cerca de 20 anos na traseira da Igreja, sem danos materiais a registar.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização: 1,90

RISCO DE CHEIA:

Elevado

Depois da otimização: 1,93

7PORTO – Hospital de Santo António

Data de construção: Séc. XVIII

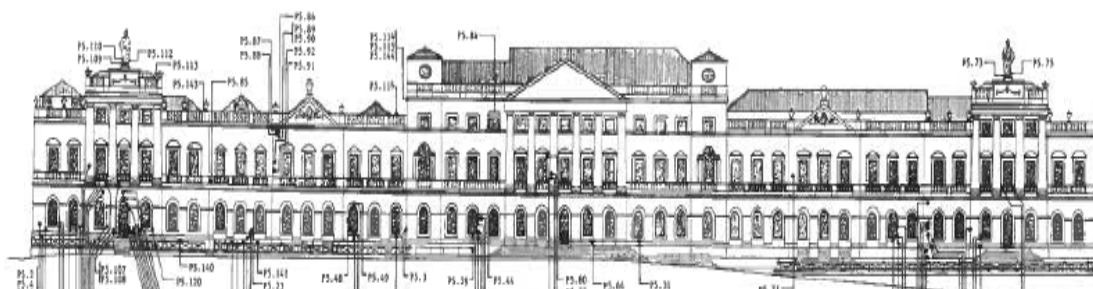
Localização: Porto, Porto, União das freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória

Coordenadas: 41.147186 -8.618235

Utilização atual: Assistencial, hospital universitário



Plantas, alçados e cortes:



1 – Alçado Principal

Descrição: Construído entre 1770 e 1824, o Hospital de Santo António deveria substituir o antigo Hospital da Santa Casa da Misericórdia do Porto sito na Rua das Flores. Contudo, a substituição completa foi apenas realizada em 1824. Apresenta uma arquitetura neoclássica. Hospital de planta em U com alçados de 2 e 3 pisos construído no estilo neoclássico, e que muito influenciou a arquitetura portuense, sobretudo a de cariz civil.

Enquadramento: Urbano. Cercam o monumento vias de circulação automóvel. O imóvel destaca-se das restantes construções circundantes pela sua monumentalidade e imponência.

Materiais utilizados: Embasamentos e paramentos em cantaria de granito do Porto, de grão médio; pavimentos em laje de betão; coberturas em telha sobre vigamento de betão armado. As juntas são de argamassa de cimento de Portland.

Condições atuais do Monumento: Interiormente apresenta-se relativamente bem conservado. Exteriormente apresenta algumas eflorescências, placas, crosta negra, alguns elementos da fachada exibem colonização biológica e fissuração. Há também o destacamento de tinta nos tetos da entrada principal.

Registo de cheias: Não há registo de cheias a atingirem o edifício.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização: 1,34

RISCO DE CHEIA:

Baixo

Depois da otimização: 1,13

8PORTO – Igreja de Azurara

Data de construção: Séc. XVI / XVII / XX

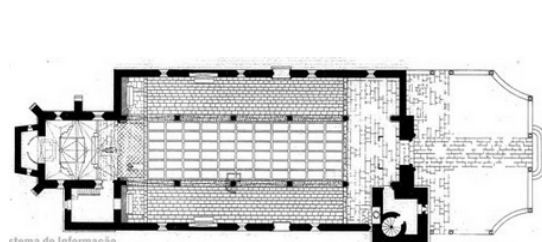
Localização: Porto, Vila do Conde, Azurara

Coordenadas: 41.344851 -8.735717

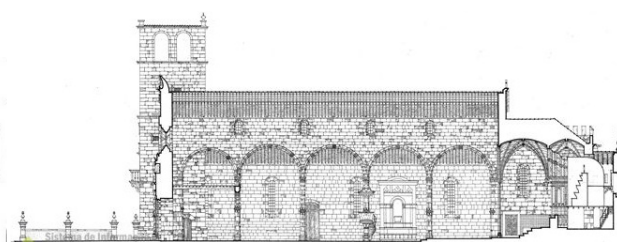
Utilização atual: Religiosa



Plantas, alçados e cortes:



1 - Planta



2 – Alçado lateral

Descrição: Construída no século XVI, apresenta planta longitudinal, de três naves com diferentes alturas e capela-mor retangular. A fachada principal é ladeada por uma robusta torre retangular e o pórtico manuelino é constituído por um arco de moldura lavrada e ladeado por colunas em espiral.

Enquadramento: Localiza-se num ambiente urbano, isolado, implantado em amplo largo, com plataforma artificial de acesso central, através de escadas em cantaria.

Materiais utilizados: Estrutura em cantaria de granito de grão relativamente fino; pavimento em lajeado e madeira, sendo em tijoleira na sacristia; coberturas interiores de madeira na nave e sacristia, sendo em cantaria na capela-mor; cobertura exterior em telha cerâmica; janelas em vidro simples; juntas em cal e argamassa de cimento e areia; Portas de castanho e pinho.

Condições atuais do Monumento: Exteriormente o Monumento apresenta alguma degradação e falta de manutenção sob a forma de desagregação granular, placas, plaquetas, crostas negras, humidade ascensional, colonização biológica. É visível a falta de algumas juntas e a aplicação de juntas de argamassa de cimento. A cobertura está em bom estado

Registo de cheias: Não há registo de cheias a atingirem o edifício.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização: 1,34

RISCO DE CHEIA:

Baixo

Depois da otimização: 1,13

9PORTO – Igreja de São Cristóvão de Rio Mau

Data de construção: Séc. XVII / XVIII

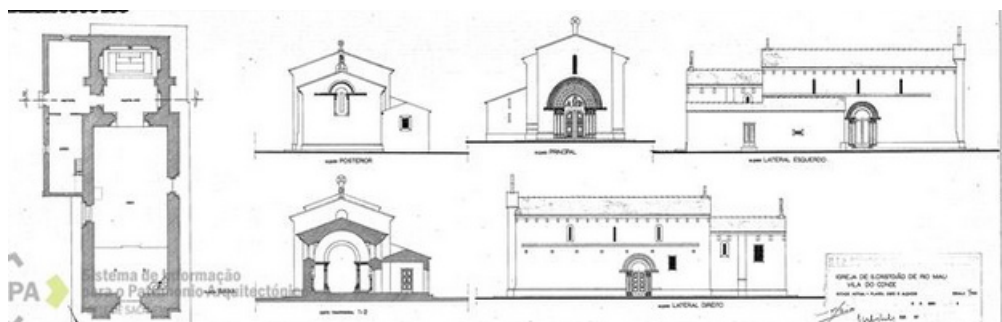
Localização: Porto, Vila do Conde, União das freguesias de Rio Mau e Arcos

Coordenadas: 41.39982 -8.679243

Utilização atual: Religiosa



Plantas, alçados e cortes:



1 – Planta e alçados

Descrição: Igreja românica de planta longitudinal com nave de teto de madeira e abside retangular abobadada, mostrando uma grande diferença estilística entre elas. O corpo da nave teve conclusão mais pobre, menos cuidada e bastante mais tardia que a capela-mor, onde é notória na decoração a inspiração galega. A primeira fase da sua construção iniciou-se em 1151, como indicam as inscrições na capela-mor. A segunda fase, durante a qual se construiu o corpo da igreja, teve início no final do século XII e início do século XIII.

Enquadramento: Rural. Está rodeada por um adro murado. Tem junto a Casa Paroquial bem como outras casas de construção rústica. Todo o conjunto está enquadrado por campos - prado murados com ramadas.

Materiais utilizados: Estrutura em granito, com portas e pavimento interior e tetos em madeira; possui também um painel de tijoleira no pavimento interior; Juntas em argamassa de cal.

Condições atuais do Monumento: Exteriormente o monumento apresenta alguma degradação e falta de manutenção sob a forma de desagregação granular, placas, plaquetas, crostas negras, humidade ascensional, colonização biológica. É visível a falta de algumas juntas e a aplicação de juntas de argamassa de cimento. Interiormente, apresenta alguma humidade nas paredes e degradação da madeira do pavimento. A cobertura apresenta algumas deficiências na estanquidade à água.

Registo de cheias: Não há registo de cheias a atingirem o edifício.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização: 1,80

RISCO DE CHEIA:

Médio

Depois da otimização: 1,74

10PORTO – Igreja de São Pedro de Rates

Data de construção: Séc. XVII / XVIII

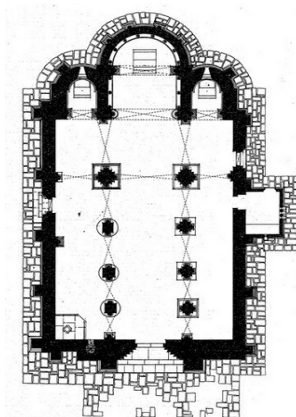
Localização: Porto, Póvoa de Varzim, Rates

Coordenadas: 41.424225 -8.67205

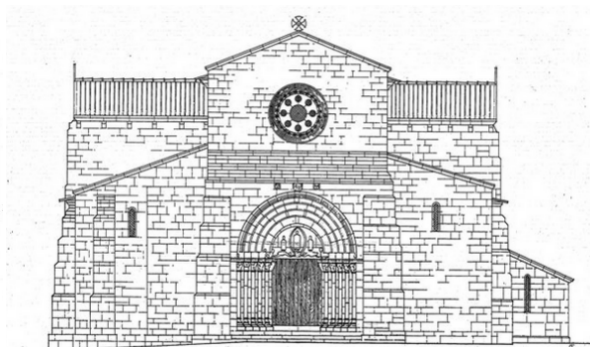
Utilização atual: Religiosa



Plantas, alçados e cortes:



1 – Planta



2 – Alçado Principal

Descrição: Apresenta uma arquitetura religiosa, românica. Igreja monacal, de planta em cruz latina, apresentando três naves com quatro tramos de tamanho desigual, transepto, abside e absidiolos redondos. Nível freático a 2,50 metros de profundidade.

Enquadramento: Rural. Está rodeada por um adro murado. Tem junto a Casa Paroquial bem como outras casas de construção rústica. Todo o conjunto está enquadrado por campos - prado murados com ramadas.

Materiais utilizados: Tetos das naves em madeira e restantes tetos em abobada de granito. Dois tipos de granito utilizados: granito moscovítico de grão fino, por vezes médio e granito de duas micas, de grão grosseiro. Juntas com argamassa de cal hidráulica e areia e argamassas de cimento e areia na impermeabilização. Silicone na consolidação da pedra.

Condições atuais do Monumento: Exteriormente o monumento apresenta alguma degradação e falta de manutenção sob a forma de desagregação granular, placas, plaquetas, crostas negras, humidade ascensional, eflorescências e colonização biológica. É visível a falta de algumas juntas e a aplicação de juntas de argamassa de cimento. Interiormente, apresenta humidade nas paredes e degradação da madeira do pavimento, apresentando manchas de tonalidade acastanhada.

Registo de cheias: Não há registo de cheias a atingirem o edifício.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização: 1,75

RISCO DE CHEIA:

Médio

Depois da otimização: 1,72

11PORTO – Igreja do Carmo

Data de construção: Séc. XVIII / XX

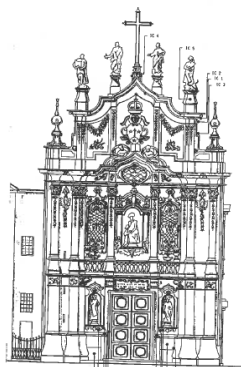
Localização: Porto, Porto, União das freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória

Coordenadas: 41.147403 -8.61622

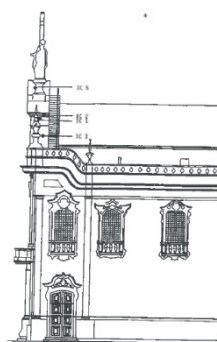
Utilização atual: Religiosa



Plantas, alçados e cortes:



1 – Alçado Principal



2 – Alçado Lateral

Descrição: A igreja da Ordem Terceira do Carmo foi construída na segunda metade do séc. XVIII, ao gosto rococó, segundo projeto de José Figueiredo Seixas. Em 1912, a fachada lateral foi recoberta com um grandioso painel de azulejo, com desenho de Silvestre Silvestri. Apresenta uma planta longitudinal composta, de nave e capela-mor retangulares, seguida de sacristia e Casa do Despacho.

Enquadramento: Urbano, adossado a O. pela Igreja dos Carmelitas.

Materiais utilizados: Paredes exteriores de alvenaria de granito revestidas a mármore rosa no interior da nave; Revestimento a azulejo na fachada exposta a E.; Granito aparente na fachada principal; Cobertura em estrutura de madeira revestida a telha de barro; Teto estucado na sacristia; Pavimento em soalho de madeira na nave, capela-mor e sacristia; Pavimento revestido a lajeado de granito no corredor de ligação entre a nave e a sacristia; Lambrim de azulejo no corredor de ligação entre a nave e a sacristia; juntas de cimento.

Condições atuais do Monumento: Apresenta um bom estado de conservação das fachadas exteriores e interiores, bem como dos tetos. As portas exteriores apresentam já algum desgaste. A igreja não apresenta infiltrações o que indica que apesar da cobertura visualmente não ter o aspeto mais conservado, ainda é eficaz na sua função

Registo de cheias: Não há registo de cheias a atingirem o edifício.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização: 1,34

RISCO DE CHEIA:

Baixo

Depois da otimização: 1,24

12PORTO – Igreja e antigo Convento dos Carmelitas

Data de construção: Séc. XVI

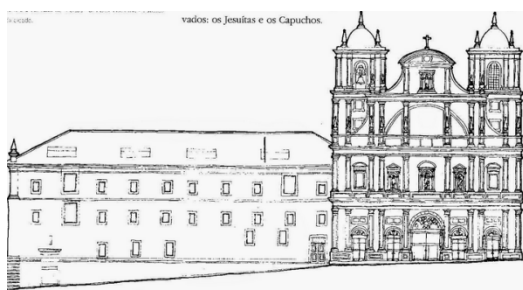
Localização: Porto, Porto, União das freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória

Coordenadas: 41.1473972 -8.6164028

Utilização atual: Religiosa



Plantas, alçados e cortes:



1 - Alçado Principal (antigo)

Descrição: É uma igreja conventual maneirista de planta em cruz latina abobadada, com nave única precedida por nártex e fachada de composição clássica, com os típicos três arcos de entrada e remate em frontão triangular com brasão da Ordem religiosa. Entre a igreja e o edifício conventual encontra-se a torre sineira, originalmente, do lado oposto, mas transferida aquando da edificação do templo da Ordem Terceira. No séc. XIX, depois da extinção das ordens religiosas, a parte conventual passou a ser utilizada como quartel.

Enquadramento: Urbano, destacada gera um cotovelo na Rua do Carmo. Adossada a E. à Igreja dos Terceiros do Carmo. Para O. está o Convento dos Carmelitas ocupado atualmente pela Guarda Nacional Republicana.

Materiais utilizados: Paredes exteriores de alvenaria de granito rebocadas pelo lado interior e exterior; Cobertura em estrutura de madeira revestida a telha de barro; Cobertura e paredes da torre revestidas a Azulejos (excetuando-se o primeiro piso); Teto em abóbada (nave) com acabamento estucado e decorado com elementos em talha dourados em caixotões de madeira com pinturas (sacristia); Pavimento em soalho de madeira (igreja e sacristia) e em basalto e calcário (galilé); Lambrim de azulejos azuis e brancos (sacristia); Portões em ferro pintado na galilé; Juntas em argamassa de cal.

Condições atuais do Monumento: Apresenta um bom estado de conservação das fachadas exteriores e interiores, bem como dos tetos. As portas e janelas estão em bom estado de conservação. A igreja não apresenta infiltrações, o que reflete o facto de a cobertura ter sido substituída no início do ano, por telhas.

Registo de cheias: Não há registo de cheias a atingirem o edifício.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização: 1,34

RISCO DE CHEIA:

Baixo

Depois da otimização: 1,13

13PORTO – Igreja e Convento dos Grilos

Data de construção: Séc. XVI a XX

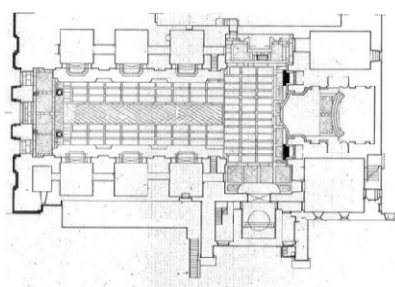
Localização: Porto, Porto, União das freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória

Coordenadas: 41.142087 -8.612548

Utilização atual: Religiosa, educativa e cultural



Plantas, alçados e cortes:



1 - Planta

Descrição: Igreja edificada no séc. XVI, em estilo maneirista. Pertencia ao Colégio da Companhia de Jesus e o frontal ostenta o seu emblema. Apresenta uma planta longitudinal, de nave única de quatro tramos, para onde abrem capelas intercomunicantes, três de cada lado, duas torres sineiras integradas na fachada principal, transepto inscrito e capela-mor mais estreita.

Enquadramento: Urbano, em encosta, voltada ao rio Douro, de acentuado declive, implantado em socolcos, destacando-se na paisagem.

Materiais utilizados: Paredes exteriores de alvenaria de granito rebocadas pelo lado interior e exterior; Cobertura em estrutura de madeira revestida a telha de barro; Cobertura e paredes da torre revestidas a Azulejos (excetuando-se o primeiro piso); Teto em abóbada (nave) com acabamento estucado e decorado com elementos em talha dourados em caixotões de madeira com pinturas (sacristia); Pavimento em soalho de madeira (igreja e sacristia) e em basalto e calcário (galilé); Lambrim de azulejos azuis e brancos (sacristia); Portões em ferro pintado na galilé; Juntas em argamassa de cal.

Condições atuais do Monumento: Exteriormente o monumento apresenta localmente alguma desagregação granular, placas, plaquetas, crostas negras, eflorescências e colonização biológica. As portas de madeira exibem falta de manutenção. São evidentes os problemas nas caleiras que se traduzem no escoamento das águas pelas paredes dando um tom envelhecido e esverdeado ao reboco pintado. O interior apresenta algumas fendas nas juntas e o granito exhibe algumas manchas.

Registo de cheias: Não há registo de cheias a atingirem o edifício.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização:1,34

RISCO DE CHEIA :

Baixo

Depois da otimização: 1,13

14PORTO – Igreja e Convento de São Bento da Vitória

Data de construção: Séc. XVII / XVIII

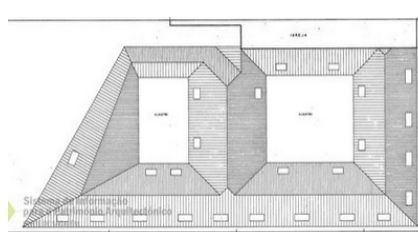
Localização: Porto, Porto, União das freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória

Coordenadas: 41.144194 -8.61609

Utilização atual: Religiosa e Cultural



Plantas, alçados e cortes:



1 – Planta



2 - Alçado

Descrição: O convento foi fundado no fim do séc. XVI. A construção da igreja teve início pouco tempo depois, tendo sido projetada pelo arquiteto Diogo Marques. O Convento apresenta uma arquitetura maneirista com igreja cruciforme, de nave única precedida por galilé, capelas laterais intercomunicantes e abóbada de berço em caixotões, e dois claustros.

Enquadramento: Urbano. Ergue-se em pleno centro histórico com fachada principal virada para uma rua estreita.

Materiais utilizados: Cantaria de granito, betão, ferro fundido, madeira (pau preto, jacarandá, outras), azulejos, talha. Cobertura de telha; Juntas em argamassa de cal.

Condições atuais do Monumento: A fachada exterior do edifício não se apresenta nas melhores condições: É visível a deterioração do granito, havendo eflorescências de sais e vegetação; nas partes rebocadas é visível a presença de humidade pela existência de destacamento da tinta e verdete. Visiona-se a existência de crostas e filmes negros. As caleiras não se encontram nas melhores condições e apresentam. As portas de ferro fundido estão em más condições apresentando mesmo fendas. No interior, é perceptível alguma humidade nas paredes pelo tom escuro que o granito apresenta. As madeiras no pavimento estão muito desgastadas devido ao uso e falta de manutenção. O teto está em boas condições, não apresentando qualquer sinal de infiltrações, podendo inferir-se que a cobertura está em condições satisfatórias.

Registo de cheias: Não há registo de cheias a atingirem o edifício.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização: 1,34

RISCO DE CHEIA :

Baixo

Depois da otimização: 1,16

15PORTO – Igreja e Torre dos Clérigos

Data de construção: Séc. XVIII

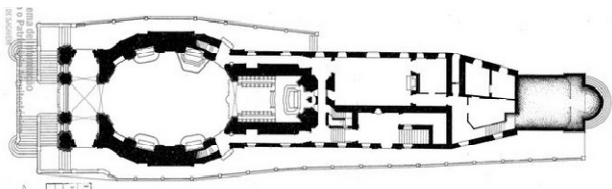
Localização: Porto, Porto, União das freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória

Coordenadas: 41.145788 -8.614135

Utilização atual: Religiosa



Plantas, alçados e cortes:



1 - Planta

Descrição: A Torre é uma obra-prima do barroco europeu, mede 75,6 metros de altura, sendo servida interiormente por uma escada de granito com duzentos e vinte e cinco degraus, permitindo o acesso às várias varandas. Igreja barroca de planta elíptica e capela-mor retangular integrada no edifício da Irmandade, que liga à torre sineira imponente, formando um conjunto que se vai alongando em planta e com uma progressão decrescente de volumes e proporções mais elegantes.

Enquadramento: Urbano, isolado e contornado por estrada. A torre está inserida em malha urbana de elevada densidade no núcleo histórico da cidade. O adro da igreja aproveita o desnível do terreno, sendo precedido por uma escadaria.

Materiais utilizados: Granito do Porto, de grão médio; ferro, madeira, talha, telas; Juntas preenchidas com argamassa de cimento no interior da torre. No exterior da igreja, as juntas estão preenchidas por argamassa de cal.

Condições atuais do Monumento: A fachada exterior da Torre dos Clérigos apresenta-se em bom estado. A da igreja bem como o seu interior, sofreram obras de restauro há pouco tempo. No interior da Torre, as juntas entre os blocos de granito, encontram-se preenchidas com argamassa de cimento, não havendo sinais de humidade a assinalar.

Registo de cheias: Não há registo de cheias a atingirem o edifício.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização: 1,34

RISCO DE CHEIA:

Baixo

Depois da otimização: 1,13

16PORTO – Igreja Matriz de Vila do Conde

Data de construção: Séc. XV a XVIII

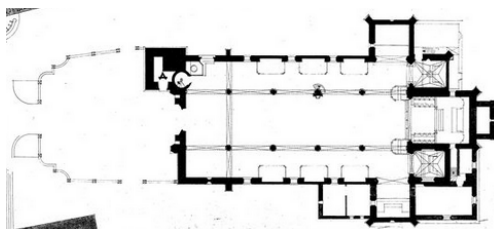
Localização: Porto, Vila do Conde, Vila do Conde

Coordenadas: 41.35387 -8.6742388

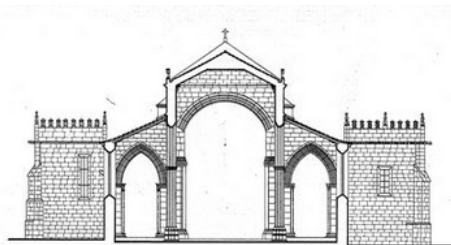
Utilização atual: Religiosa



Plantas, alçados e cortes:



1 – Planta



2 – Corte Transversal

Descrição: Igreja tardo-gótica de planta em cruz latina com 3 naves de diferente altura e cabeceira tripla, com portal axial manuelino, muito semelhante ao da Igreja de Azuaga na Estremadura espanhola. Torre sineira renascentista.

Enquadramento: Urbano, isolada, destacada em plataforma elevada. A igreja é circundada por amplo adro lajeado e ajardinado junto à fachada posterior.

Materiais utilizados: Estrutura de granito aparente; granito nos tetos das capelas da cabeceira, do transepto e em pavimentos; madeiras de carvalho e castanho nas estruturas dos telhados e no teto da nave, no coro, nos vãos de porta e janelas, pavimento interior, nos retábulos e no púlpito; azulejo no revestimento de uma capela transeptal, no rodapé da capela-mor, e de uma capela lateral e na sacristia; telha cerâmica nas coberturas; bronze em pingadeiras; ferro em caixilharias; chumbo e vidro de vitral em caixilharias de janelas e de frestas; juntas de argamassa de cal hidráulica e de cimento no exterior e de argamassa de cimento no interior.

Condições atuais do Monumento: Exteriormente o monumento encontra-se relativamente bem conservado, apresentando localmente alguma desagregação granular, placas, plaquetas, crostas negras, eflorescências e colonização biológica. As juntas em algumas partes encontram-se danificadas. É visível a falta de algumas juntas e a aplicação de juntas de argamassa de cimento. Interiormente apresenta-se num bom estado de conservação.

Registo de cheias: Não há registo de cheias a atingirem o edifício.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização: 1,94

RISCO DE CHEIA :

Médio

Depois da otimização: 1,78

17PORTO – Igreja Paroquial de Abragão

Data de construção: Séc. XIII / XVII / XVIII

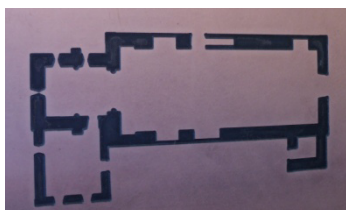
Localização: Porto, Penafiel, Abragão

Coordenadas: 41.157218 -8.222274

Utilização atual: Religiosa



Plantas, alçados e cortes:



1 – Planta

Descrição: Os elementos mais antigos que hoje se conservam são do séc. XIII, época em que o primitivo templo foi alvo de grandes obras. Em 1668, a igreja foi parcialmente reconstruída, sendo a nave românica substituída pela atual. Exibe planta retangular composta por nave, capela-mor e sacristia e torre sineira adossadas à fachada lateral esquerda.

Enquadramento: Urbano, isolada, implantada em zona elevada relativamente à envolvente, em plataforma artificial que forma um adro murado.

Materiais utilizados: Estrutura em cantaria de granito aparente; muros de vedação, pavimentos e escadas da envolvente, em cunhais, em platibandas e no pavimento e abóbada da capela-mor, revestimento de pavimento e escadas interiores em cantaria de granito; pavimentos da envolvente em calcário branco; caixilhos, revestimento de pavimentos interiores, teto, estrutura das coberturas, sanca e rodapés, guarda-vento, portas em madeira; retábulos em talha; silhares de azulejo industrial; vidro simples nos vãos e colorido no guarda-vento; telha cerâmica na cobertura; algumas parcelas de parede interior encontram-se rebocadas e pintadas de branco; juntas em argamassa de cal.

Condições atuais do Monumento: Exteriormente o monumento encontra-se relativamente bem conservado, apresentando localmente algumas crostas negras e eflorescências.

Registo de cheias: Não há registo de cheias a atingirem o edifício.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização: 1,30

RISCO DE CHEIA :

Baixo

Depois da otimização: 1,11

18PORTO – Igreja Paroquial de Cabeça Santa

Data de construção: Séc. XIII / XVIII / XX

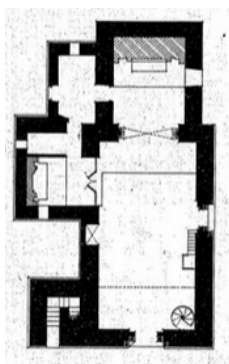
Localização: Porto, Penafiel, Cabeça Santa

Coordenadas: 41.131969 -8.279886

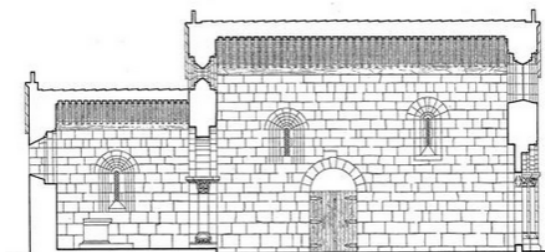
Utilização atual: Religiosa



Plantas, alçados e cortes:



1 – Planta



2 – Corte longitudinal

Descrição: Fundada pela rainha Santa Mafalda, pelo segundo quartel do séc. XIII, a igreja é uma cópia mais modesta do templo de Cedofeita, no Porto. Planta retangular composta por nave, capela-mor, capela e sacristia adossadas ao lado esquerdo, de volumes articulados e escalonados com coberturas diferenciadas em telhados de uma água na sacristia e de duas águas no templo e capela.

Enquadramento: Rural, isolada, implantada num terreno à face da estrada nacional, num pequeno adro elevado relativamente à via pública.

Materiais utilizados: Estrutura em cantaria de granito aparente; os pavimentos são revestidos em granito, soalho de madeira ou em betonilha e tijoleira; teto da capela-mor e nave em madeira; teto da capela lateral em talha; vitrais nas frestas; portas em madeira de castanhas pintadas; cobertura da torre em granito; coberturas em estrutura de madeira e revestida a telha de barro tipo aba e canudo; juntas de argamassa de cimento branco.

Condições atuais do Monumento: Encontra-se em boas condições de conservação.

Registo de cheias: Não há registo de cheias a atingirem o edifício.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização: 1,25

RISCO DE CHEIA :

Baixo

Depois da otimização: 1,09

19PORTO – Mosteiro da Serra do Pilar

Data de construção: Séc. XVI / XVII

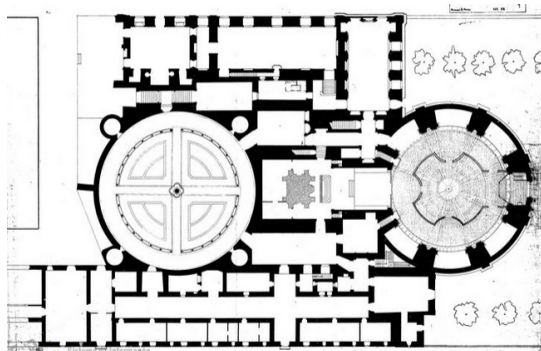
Localização: Porto, Vila Nova de Gaia, União das freguesias de Santa Marinha e São Pedro da Alfurada

Coordenadas: 41.13856 -8.60698

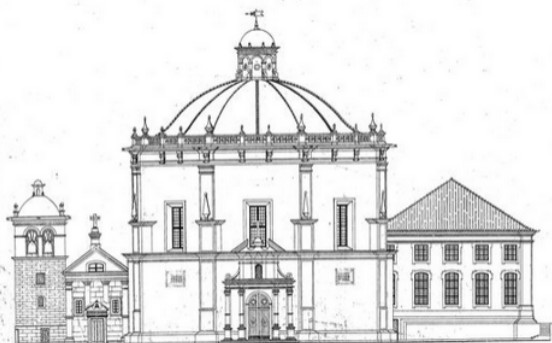
Utilização atual: Religiosa e militar



Plantas, alçados e cortes:



1 – Planta



2 – Alçado principal

Descrição: A construção do mosteiro iniciou-se em 1537, com a finalidade de albergar os monges de São Salvador de Grijó que se queixavam da humidade excessiva que lá se sentia. É um convento maneirista constituído por igreja de planta circular de alçados exteriores e interiores ritmados por pilastras e com cobertura em cúpula, capela-mor retangular e claustro também circular de 1 piso formado por colonata e platibanda superior amplamente decorada.

Enquadramento: Urbano, isolado. Implantado no cimo de uma escarpa sobre o Rio Douro, na margem S., em frente à cidade do Porto, em posição de destaque na serra do Pilar.

Materiais utilizados: Paredes exteriores em alvenaria de pedra, cobertura em telha cerâmica, caixilharias e retábulos em madeira e perfis de ferro; paredes rebocadas e pintadas de branco.

Condições atuais do Monumento: Encontra-se em boas condições de conservação, tendo sofrido obra de restauro há pouco tempo.

Registo de cheias: Não há registo de cheias a atingirem o edifício.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização: 1,24

RISCO DE CHEIA:

Baixo

Depois da otimização: 1,07

20PORTO – Mosteiro de São Salvador de Grijó

Data de construção: Séc. XVIII / XVI / XVII / XVIII

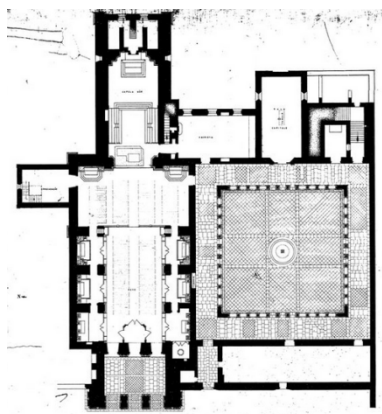
Localização: Porto, Vila Nova de Gaia, União das freguesias de Grijó e Sermonte

Coordenadas: 41.028711 -8.579515

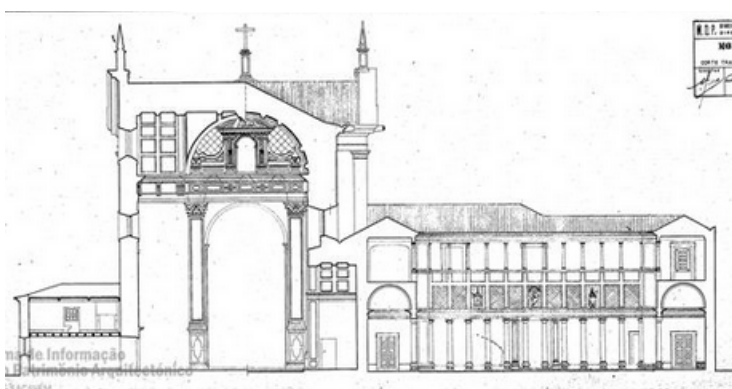
Utilização atual: Religiosa, turística, cultural e recreativa



Plantas, alçados e cortes:



1 – Planta



2 – Corte transversal

Descrição: O mosteiro teve origem numa pequena igreja, fundada em 922, sob a invocação de São Salvador. No ano de 1112 foi transferido para o local onde se encontra atualmente. É um mosteiro maneirista de planta longitudinal, de nave única com capelas colaterais intercomunicantes encimadas por tribunas entre pilastras e transepto inscrito, frontispício tipo retábulo com galilé aberta por três arcos e claustro quadrado com entablamento reto nos dois pisos.

Enquadramento: Urbano, isolado. É antecedido por amplo terreiro murado.

Materiais utilizados: Paredes em alvenaria de pedra, com acabamento rebocado e aparente, pavimentos em lajeado de granito e soalho; cobertura em telha cerâmica; caixilharias em madeira e ferro; lambris de azulejos; retábulos de talha, pedra de Ançã na arca tumular.

Condições atuais do Monumento: Encontra-se em boas condições de conservação, apresentando algumas eflorescências, crostas negras e algumas juntas no pavimento encontram-se danificadas, tendo vindo a ser restaurado.

Registo de cheias: Não há registo de cheias a atingirem o edifício.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização: 1,75

RISCO DE CHEIA:

Moderado

Depois da otimização: 1,40

21PORTO – Mosteiro de Leça do Balio

Data de construção: Séc. XIV

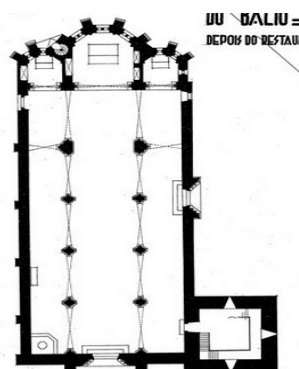
Localização: Porto, Matosinhos, União das freguesias de Custóias, Leça do Balio e Guifões

Coordenadas: 41.209957 -8.623457

Utilização atual: Religiosa



Plantas, alçados e cortes:



1 – Planta

Descrição: Apresenta uma arquitetura religiosa, românica e gótica, tendo sido impulsionado por Fr. Estevão Vasques Pimentel. Igreja hospitalária fortificada, orientada, de planta longitudinal de três naves de quatro tramos, com transepto inscrito, cabeceira tripartida, escalonada, e torre sineira quadrangular adossada lateralmente à fachada principal.

Enquadramento: Urbano, isolado, circundada por amplo adro lajeado e ajardinado.

Materiais utilizados: Estrutura em cantaria aparelhada de granito; lajeado de granito no pavimento; cantaria aparelhada de granito na tumulária; cantaria de pedra de Ançã na pia batismal; telha cerâmica na cobertura; madeira nas coberturas das naves e na caixilharia; juntas de argamassa de cal e argamassa de cimento.

Condições atuais do Monumento: Apresenta eflorescências, crostas e filmes negros, desagregação granular e colonização biológica no granito das fachadas.

Registo de cheias: Ocorreu uma cheia há cerca de 25 anos resultante da não terem sido asseguradas boas condições de escoamento das águas aquando da construção de um viaduto, não tendo ocorrido como resultado de causa Natural.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização: 2,00

RISCO DE CHEIA:

Médio

Depois da otimização: 1,76

22PORTO – Mosteiro de Paço de Sousa

Data de construção: Séc. XIII / XIV / XVII / XVIII / XX

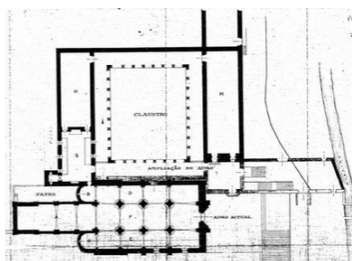
Localização: Porto, Penafiel, Paço de Sousa

Coordenadas: 41.165918 -8.34452

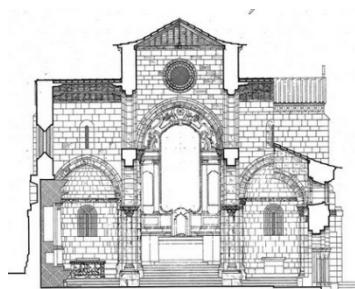
Utilização atual: Religiosa



Plantas, alçados e cortes:



1 – Planta



2 – Corte transversal da igreja

Descrição: Mosteiro beneditino composto por igreja e zona regal que se desenvolve no lado esquerdo, prolongando-se num corpo ao longo do terreiro, parcialmente desaparecido. A igreja exhibe planta em cruz latina, românica, reconstruída segundo o esquema mendicante, com três naves escalonadas, cobertas a madeira e iluminadas por frestas laterais, transepto inscrito e cabeceira de perfil curvo, composta por longa capela-mor, para integrar o coro monástico, e absidiolos laterais.

Enquadramento: Urbano, isolado, implantado num terreno com ligeiro declive. Possui um adro, fechado por murete em cantaria de granito, com acesso frontal. Num plano mais baixo, ergue-se sobre o ribeiro de Gamuz uma zona arborizada, com algumas árvores centenárias, sendo o ribeiro atravessado por duas pontes.

Materiais utilizados: Estrutura em cantaria de granito; coberturas em madeira, revestidas exteriormente a telha; cobertura dos absidiolos em cantaria de granito; pavimento em lajes graníticas; portas de madeira e janelas com caixilharias também de madeira; cenotáfio de granito; madeira de castanho no teto da sacristia e da Sala do Capítulo; gradeamentos em ferro; placas de cimento; retábulos em talha pintada; pinturas murais; juntas de argamassa de cal hidráulica.

Condições atuais do Monumento: Apresenta eflorescências, crostas e filmes negros, desagregação granular, placas, plaquetas, presença de humidade ascensional no interior da igreja e colonização biológica em grande quantidade no granito das fachadas.

Registo de cheias: Não há registo de cheias ocorridas no local.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização: 1,60

RISCO DE CHEIA :

Médio

Depois da otimização: 1,54

23PORTO – Mosteiro de Santa Clara

Data de construção: Séc. XIV / XVI / XVII / XVIII / XX

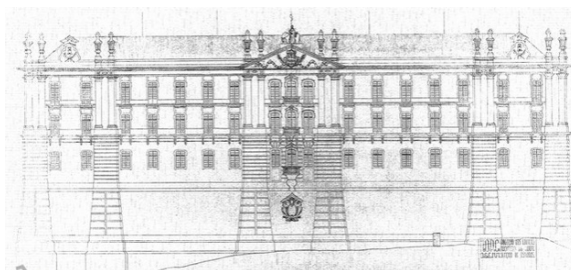
Localização: Porto, Vila do Conde, Vila do Conde

Coordenadas: 41.352612 -8.739184

Utilização atual: Religiosa



Plantas, alçados e cortes:



1 – Alçado principal do Convento

Descrição: O convento foi fundado por iniciativa de D. Afonso Sanches, filho bastardo de Dinis I de Portugal, e de sua esposa, D. Teresa Martins, em 1913. Do património edificado ao longo dos séculos, resta atualmente a igreja em estilo gótico, a área residencial, edificada no século XVIII, os arcos do antigo claustro com o seu chafariz e o extenso aqueduto - o aqueduto de Santa Clara, em parte destruído. A igreja do convento apresenta a planta em cruz latina, composta por nave única e larga, com um transepto de grandes dimensões e uma cabeceira poligonal, tripla, com capelas abobadadas.

Enquadramento: Urbano, de implantação destacada, em colina sobranceira ao rio Ave. A cota mais elevada, encontra-se a Igreja de Santa Clara, hoje destacada, mas que já esteve adossada ao antigo edifício conventual.

Materiais utilizados: Granito, madeira, alvenaria, betão, telha, azulejo industrial, vidro, betonilha. Juntas de cal.

Condições atuais do Monumento: Exteriormente, o monumento encontra-se relativamente bem conservado, apresentando localmente alguma desagregação granular, placas, plaquetas, crostas negras, eflorescências e colonização biológica. As juntas em algumas partes encontram-se danificadas. É visível a falta de preenchimento de algumas juntas. A parte conventual encontra-se atualmente a ser restaurada.

Registo de cheias: Não há registo de cheias ocorridas no local.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização: 1,74

RISCO DE CHEIA:

Baixo

Depois da otimização: 1,26

24PORTO – Mosteiro de Santo Tirso

Data de construção: Séc. XIV / XVII / XVIII / XIX / XX

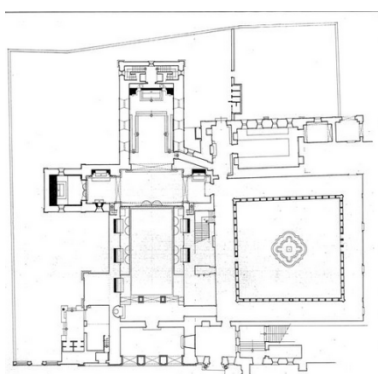
Localização: Porto, Santo Tirso, União das freguesias de Santo Tirso, Couto (Santa Cristina e São Miguel) e Burgães.

Coordenadas: 41.344724 -8.471779

Utilização atual: Religiosa, educativa e cultural



Plantas, alçados e cortes:



1 - Planta

Descrição: Mosteiro beneditino composto por igreja de planta cruciforme e zona regal composta por dois claustros, dispostos no enfiamento do lado esquerdo da igreja, surgindo o corpo da hospedaria perpendicular à fachada principal, envolvido por ampla cerca, definida pelo rio. A igreja é crucífera, composta por nave, antecedia por galilé, transepto e capela-mor, com sacristia adossada ao lado esquerdo, anteciedida por antessacristia e duas torres sineiras bastante recuadas relativamente à fachada principal.

Enquadramento: Periurbano, isolado, implantado numa zona plana, nas imediações do Rio Ave, limite natural da antiga cerca monacal, que se mantém com atividade agrícola, integrando a Escola Agrícola.

Materiais utilizados: Estrutura em alvenaria, rebocada e pintada; pilares, colunas, sacadas, pavimentos e outros elementos em cantaria de granito; tetos em gesso e madeira, revestidos exteriormente em telha cerâmica; vãos, arcos, painéis e caixotões de tetos, caixilhos, portadas em madeira; vãos com vidro simples; azulejo figurativo; juntas em argamassa de cal.

Condições atuais do Monumento: Exteriormente, o monumento encontra-se relativamente bem conservado, apresentando localmente algumas placas, plaquetas, crostas negras, eflorescências e colonização biológica. No interior da igreja, existe alguma humidade no pavimento.

Registo de cheias: Não há registo de cheias ocorridas no local.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização: 1,60

RISCO DE CHEIA:

Baixo

Depois da otimização: 1,11

25PORTO – Mosteiro de São Pedro do Cête

Data de construção: Séc. XII / XIV / XV / XX

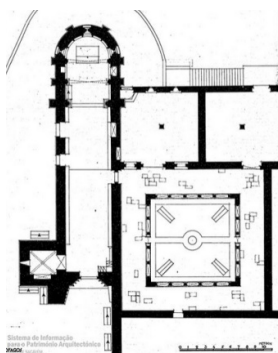
Localização: Porto, Paredes, Cete

Coordenadas: 41.180754 -8.366247

Utilização atual: Religiosa



Plantas, alçados e cortes:



1 – Planta



2 – Alçado principal

Descrição: O mosteiro foi iniciado por meados do séc. XII, erguido por iniciativa dos beneditinos cluniacenses. Apresenta uma planta retangular irregular, composto pela igreja, claustro, a antiga Casa do Capítulo e algumas estruturas ligadas à exploração agrícola bastante arruinadas. A igreja de planta retangular, é composta por nave, capela-mor de perfil curvo e torre sineira adossada ao lado esquerdo, de volumes articulados e escalonados com coberturas diferenciadas em telhados de duas águas na nave e múltiplas na capela-mor, sendo de quatro águas na torre sineira.

Enquadramento: Rural, isolado, destacado, nas proximidades da A4, no meio de grandes áreas agrícolas.

Materiais utilizados: Estrutura em alvenaria e cantaria de granito aparente; pilastras, cornijas, pináculos, cruzes, abóbadas, rosáceas, pavimentos em cantaria de granito; portas e bancos de madeira; painéis de revestimento em azulejo; janelas com vitrais; revestimento da cobertura em telha cerâmica; juntas de argamassa de cal e argamassa de cimento.

Condições atuais do Monumento: Exteriormente, o monumento apresentando-se com alguma falta de manutenção. Exibe placas, plaquetas, crostas negras, filmes negros, eflorescências, desagregação granular do granito colonização biológica. Algumas juntas estão sem preenchimento. No interior da igreja, existe alguma humidade no pavimento.

Registo de cheias: Não há registo de cheias ocorridas no local.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização:1,45

RISCO DE CHEIA:

Baixo

Depois da otimização: 1,07

26PORTO – Palácio da Bolsa

Data de construção: Séc. XIII

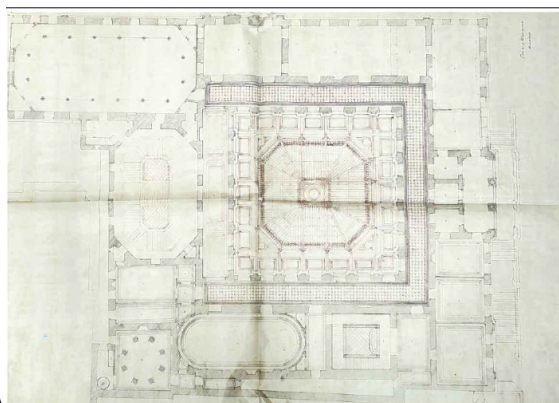
Localização: Porto, Porto, União das freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória

Coordenadas: 41.141369 -8.615686

Utilização atual: Administrativa e financeira



Plantas, alçados e cortes:



1 – Planta do R/C

Descrição: Foi erguido pela Associação Comercial do Porto sobre as ruínas do Convento de São Francisco, próximo da zona ribeirinha do Douro. Apresenta uma arquitetura neoclássica. É um edifício de planta retangular e alçados de dois pisos e mezanino, com arcada e frontão triangular no corpo central da fachada principal.

Enquadramento: Urbano. Ergue-se em pleno centro histórico da cidade, na zona da Ribeira, junto ao rio Douro, num espaço com um conjunto de imóveis de grande interesse patrimonial. Adossa-se à fachada lateral da Igreja de São Francisco.

Materiais utilizados: Em termos gerais a cobertura é revestida em de telha cerâmica, sendo que apresenta também estruturas em ferro fundido envidraçadas. Fachadas de cantaria de granito espessas (cerca de 60 cm) e juntas preenchidas com argamassa; As restantes fachadas são rebocadas e pintadas, sendo o reboco tradicional à base de cal, aplicado sobre uma superfície regularizada e impermeabilizada com asfalto. Decoração em estuques, ferro, madeira.

Condições atuais do Monumento: Tanto interior como exteriormente, o monumento encontra-se num bom estado de conservação, não apresentando sinais de falta de manutenção.

Registo de cheias: Não há registo de cheias ocorridas no local.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização:1,59

RISCO DE CHEIA:

Baixo

Depois da otimização: 1,22

27PORTO – Palácio do Freixo

Data de construção: Séc. XVIII

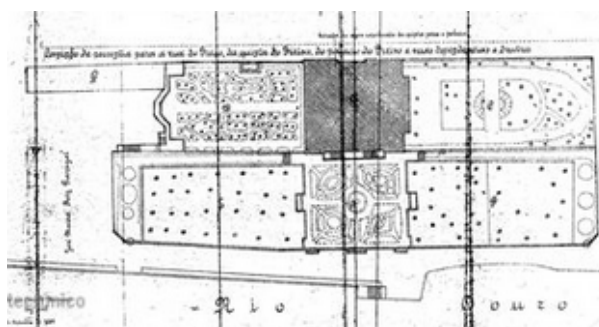
Localização: Porto, Porto, Campanhã

Coordenadas: 41.142563 -8.574853

Utilização atual: Turística



Plantas, alçados e cortes:



1 – Planta

Descrição: Palácio de planta quadrangular com torreões ligeiramente salientes nos cantos cobertos por telhados piramidais e rodeados de coruchéus menores. A unir os torreões, com alguns jarrões decorativos, uma platibanda. Decoram o palácio escadarias de lanços opostos, terraços em planos diferentes, de frontões invertidos e quebrados. Cada fachada apresenta um traçado diferente, em três níveis distintos

Enquadramento: Urbano, destacado e isolado. Situa-se a poucos metros do rio Douro, separado deste por jardins. Edificado em terreno de acentuado declive encontrando-se atualmente incluído num complexo turístico.

Materiais utilizados: Granito aparente, granito rebocado, cal, cobertura de telhas, madeira.

Condições atuais do Monumento: Tanto interior como exteriormente, o monumento encontra-se num bom estado de conservação, não apresentando sinais de falta de manutenção.

Registo de cheias: No local encontram-se identificadas duas marcas de cheia, sendo uma delas de 1909, a maior cheia do séc. XX.

Classificação de Risco de Cheia

Antes da otimização: 1,69

RISCO DE CHEIA:

Moderado

Depois da otimização: 1,55

